



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107346002 A

(43)申请公布日 2017. 11. 14

(21)申请号 201710554239.7

(22)申请日 2017.07.10

(71)申请人 安徽锐能科技有限公司

地址 230000 安徽省合肥市包河区包河工
业区花园大道8号

(72)发明人 曾国建 吉祥 蔡华娟 朱建
范晓东 余铿

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 刘兵

(51)Int.Cl.

G01R 31/36(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

用于估计电池SOE的装置

(57)摘要

本发明涉及电池管理技术领域,公开了一种用于估计电池SOE的装置,该装置包括处理器,所述处理器被配置成:建立电池的等效电路模型;根据所述等效电路模型得到电池系统离散空间模型的状态方程和观测方程;根据接收到的电池两端的检测电压和所述电池的检测电流、所述状态方程和观测方程,使用扩展卡尔曼滤波EKF算法来估计电池SOE值。该装置实现了对电池的SOE值的估计,使得电池可以直接采用SOE值来表征电池的续航里程,为用户提供更为直接、更为准确的判断依据,防止电池提前终止放电,造成汽车半路“趴窝”等严重后果。



1. 一种用于估计电池能量状态SOE的装置,其特征在于,该装置包括处理器,所述处理器被配置成:

建立电池的等效电路模型;

根据所述等效电路模型得到电池系统离散空间模型的状态方程和观测方程;

根据接收到的电池两端的检测电压和所述电池的检测电流、所述状态方程和观测方程,使用扩展卡尔曼滤波EKF算法来估计电池SOE值。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述等效电路模型为戴维南Thevenin等效电路模型。

3. 根据权利要求2所述的装置,其特征在于,所述处理器被配置成:

根据所述Thevenin等效电路模型得到等式(1):

$$V(t) = V_{oc}(SOE) - V_1 - R_{ohm} * i(t) \quad \text{等式(1)}$$

$$\text{其中: } V_1 = \frac{i(t)}{C_{pol}} * e^{-\frac{t}{R_{pol} C_{pol}}}$$

$V(t)$ 为 t 时刻的所述电池的端电压, $V_{oc}(SOE)$ 为 t 时刻电池的开路电压, V_1 为电池的极化电压, R_{ohm} 为电池的欧姆内阻, $i(t)$ 为 t 时刻电池的电流, R_{pol} 为电池的极化内阻, C_{pol} 为电池的极化电容。

4. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述处理器被配置成:

根据SOE的定义得到等式(2):

$$SOE(t) = SOE(t_0) - \int_{t_0}^t \eta V_{oc}(t) i(t) dt / (V_{oc}(0) C_0) \quad \text{等式(2)}$$

其中, $SOE(t)$ 为 t 时刻电池的SOE值, $SOE(t_0)$ 为电池的初始SOE值, η 为电池充放电倍率的影响参数, $V_{oc}(t)$ 为 t 时刻电池的开路电压, $V_{oc}(0)$ 为电池满电时的开路电压, C_0 为电池额定容量;

令 $V_{oc} = f(SOE)$, $x_k = SOE_k$, $y_k = V_k$, $u_k = i_k$, 分别将等式(1)和等式(2)离散,得到所述状态方程和观测方程:

$$\text{状态方程: } x_k = x_{k-1} - \eta f(x_{k-1}) u_k \Delta t + w_k \quad \text{等式(3)}$$

$$\text{观测方程: } y_k = f(x_k) - R_{ohm} u_{k-1} + v_k \quad \text{等式(4)}$$

其中, x_k 为当前状态电池的SOE值, x_{k-1} 为上一状态电池的SOE值, $f(x_{k-1})$ 为上一状态电池的开路电压, u_{k-1} 为上一状态电池的观测电流, Δt 为采样周期, w_k 为过程噪声, y_k 为当前状态电池的端电压的观测值, $f(x_k)$ 为当前状态电池的开路电压, u_k 为当前状态电池的观测电流, $V_1(u_k)$ 为当前状态电池的极化电压, v_k 为观测噪声, $k=1, 2, 3 \dots N$, N 是正整数。

5. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述处理器被配置成:

确定估计次数 N 和采样周期 Δt ;

设定初始状态的误差协方差初始值和初始状态的SOE初始值;

进行误差协方差时间更新;

进行SOE状态时间更新;

计算卡尔曼增益;

进行误差协方差观测更新;

根据所述卡尔曼增益对SOE进行状态观测估计更新,以得到估计的SOE值。

6. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,该装置还包括:

与所述处理器连接的电压传感器,用于检测所述电池的电压;

与所述处理器连接的电流传感器,用于检测所述电池的电流。

7. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,该装置还包括与所述处理器连接的显示器,所述显示器被配置成显示电池的SOE值。

8. 根据权利要求1至5中的任意一项所述的装置,其特征在于,所述处理器包括卡尔曼滤波器。

9. 根据权利要求1至7中任意一项所述的装置,其特征在于,所述装置是电池管理系统BMS。

用于估计电池SOE的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电池管理技术领域,具体地,涉及用于估计电池SOE的装置。

背景技术

[0002] 受能源危机与环境危机的影响,电动汽车得到了快速发展。针对电动汽车而言,续航里程估计是一项难题,目前常用锂电池荷电状态(State-of-Charge, SOC)来对其续航里程进行评判,但是SOC与电动汽车续航流程并不呈线性变化,在电池组放电末期, SOC的变化要快过续航里程,这就容易导致用户对电动汽车续航里程的误判。

[0003] 由于锂电池能量状态(State-of-Energy, SOE)与电动汽车续航里程密切相关,用SOE代替SOC对续航里程进行判断是一种更好的方式。当电动汽车行驶状态不变时,其SOE与续航里程基本为线性关系,可使用户对续航里程的判断更为准确。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种用于估计电池SOE的装置,以此更好地表征电动汽车的续航里程。

[0005] 为了实现上述目的,本发明的实施方式提供一种用于估计电池SOE的装置,该装置包括处理器,该处理器被配置成:建立电池的等效电路模型;根据等效电路模型得到电池系统离散空间模型的状态方程和观测方程;根据接收到的电池两端的检测电压和电池的检测电流、状态方程和观测方程,使用扩展卡尔曼滤波EKF算法来估计电池SOE值。

[0006] 优选地,等效电路模型为戴维南Thevenin等效电路模型。

[0007] 优选地,处理器被配置成:

[0008] 根据Thevenin等效电路模型得到等式(1):

[0009] $V(t) = V_{oc}(SOE) - V_1 - R_{ohm} * i(t)$ 等式(1)

[0010] 其中: $V_1 = \frac{i(t) * R_{pol} C_{pol}}{C_{pol}} e^{-\frac{t}{C_{pol}}}$,

[0011] $V(t)$ 为t时刻的电池的端电压, $V_{oc}(SOE)$ 为t时刻电池的开路电压, V_1 为电池的极化电压, R_{ohm} 为电池的欧姆内阻, $i(t)$ 为t时刻电池的电流, R_{pol} 为电池的极化内阻, C_{pol} 为电池的极化电容。

[0012] 优选地,处理器被配置成:

[0013] 根据SOE的定义得到等式(2):

[0014] $SOE(t) = SOE(t_0) - \int_{t_0}^t \eta V_{oc}(t) i(t) dt / (V_{oc}(0) C_0)$ 等式(2)

[0015] 其中, $SOE(t)$ 为t时刻电池的SOE值, $SOE(t_0)$ 为电池的初始SOE值, η 为电池充放电倍率的影响参数, $V_{oc}(t)$ 为t时刻电池的开路电压, $V_{oc}(0)$ 为电池满电时的开路电压, C_0 为电池额定容量;

[0016] 令 $V_{oc} = f(SOE)$, $x_k = SOE_k$, $y_k = V_k$, $u_k = i_k$, 分别将等式(1)和等式(2)离散,得到状态

方程和观测方程：

$$[0017] \quad \text{状态方程: } x_k = x_{k-1} - \eta \cdot f(x_{k-1}) \cdot u_{k-1} \Delta t + w_k \quad (3)$$

$$[0018] \quad \text{观测方程: } y_k = f(x_k) - R_{h,m} u_{k-1} + v_k \quad (4)$$

[0019] 其中, x_k 为当前状态电池的SOE值, x_{k-1} 为上一状态电池的SOE值, $f(x_{k-1})$ 为上一状态电池的开路电压, u_{k-1} 为上一状态电池的观测电流, Δt 为采样周期, w_k 为过程噪声, y_k 为当前状态电池的端电压的观测值, $f(x_k)$ 为当前状态电池的开路电压, u_k 为当前状态电池的观测电流, $V_1(u_k)$ 为当前状态电池的极化电压, v_k 为观测噪声, $k=1, 2, 3 \dots N$, N 是正整数。

[0020] 优选地, 处理器被配置成: 确定估计次数 N 和采样周期 Δt ; 设定初始状态的误差协方差初始值和初始状态的SOE初始值; 进行误差协方差时间更新; 进行SOE状态时间更新; 计算卡尔曼增益; 进行误差协方差观测更新; 根据卡尔曼增益对SOE进行状态观测估计更新, 以得到估计的SOE值。

[0021] 优选地, 该装置还包括: 与处理器连接的电压传感器, 用于检测电池的电压; 与处理器连接的电流传感器, 用于检测电池的电流。

[0022] 优选地, 该装置还包括与处理器连接的显示器, 显示器被配置成显示电池的SOE值。

[0023] 优选地, 处理器包括卡尔曼滤波器。

[0024] 优选地, 上述装置是电池管理系统BMS。

[0025] 上述技术方案基于电池的等效电路模型建立电池系统离散空间模型, 并采用扩展卡尔曼滤波(EKF)算法实现电池SOE的估计, 为用户判断续航里程提供更好的依据。

[0026] 本发明的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0027] 附图是用来提供对本发明的进一步理解, 并且构成说明书的一部分, 与下面的具体实施方式一起用于解释本发明, 但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0028] 图1是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的方法的流程图;

[0029] 图2是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的方法的流程图;

[0030] 图3示出了使用扩展卡尔曼算法估计电池SOE值的流程图;

[0031] 图4是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的装置的示意框图;

[0032] 图5示出了电池的等效电路模型Thevenin等效电路模型的示意图。具体实施方式

[0033] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是, 此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明, 并不用于限制本发明。

[0034] 在本申请中当前状态与第 k 次估计相对应, 上一状态与第 $k-1$ 次估计相对应。

[0035] 图1是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的方法的流程图。如图1所示, 在本发明的一实施方式中, 提供了一种用于估计电池SOE的方法, 该方法可以包括:

[0036] 在步骤S11中, 检测电池两端的电压和电池的电流;

[0037] 在步骤S12中, 建立电池的等效电路模型;

[0038] 在步骤S13中, 根据等效电路模型得到电池系统离散空间模型的状态方程和观测方程;

[0039] 在步骤S14中,根据检测到的电压和电流、状态方程和观测方程,使用EKF算法来估计电池SOE值。

[0040] 电池可以例如是锂电池。

[0041] 电池的电压可以例如采用电压传感器来检测。电池的电流可以例如采用电流传感器来检测。可替换地,电池的电压和电流可以例如通过电池管理系统(Battery Management System,BMS)来检测。

[0042] 上述的等效电路模型可以例如是Thevenin等效电路模型(如图5所示)。该等效电路模型具有物理意义明确、模型参数辨识实验容易执行等优点。上述的等效电路模型还可以是本领域技术人员所知的任意一种电池等效电路模型。

[0043] 上述的状态方程例如可以根据电池能量状态SOE的定义获得。上述的测量方程例如可以根据电池的等效电路模型的电池端电压与电流的关系式获得。

[0044] 图2是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的方法的流程图。如图2所示,在本发明的一实施方式中,提供了一种用于估计电池SOE的方法,该方法可以包括:

[0045] 在步骤S21中,检测电池两端的电压和电池的电流;

[0046] 在步骤S22中,建立电池的等效电路模型;

[0047] 在步骤S23中,根据等效电路模型得到电池的端电压与SOE的关系式;

[0048] 在步骤S24中,将电池的端电压与SOE的关系式离散,得到电池系统离散空间模型的观测方程;

[0049] 在步骤S25中,将SOE的定义式离散,得到电池系统离散空间模型的状态方程;

[0050] 在步骤S26中,根据检测到的电压和电流、状态方程和观测方程,使用扩展卡尔曼滤波EKF算法来估计电池SOE值。

[0051] 在参考图2所示的实施方式中,步骤S21、S22和S26可以分别与参考图1所示的实施方式中的步骤S11、S12和S14相同或相似。

[0052] 在本发明的一实施方式中,等效电路模型采用Thevenin等效电路模型(如图5所示),Thevenin等效电路模型可以由等式(5)来表达:

[0053] $V(t) = V_{oc}(SOC) - V_1 - R_{ohm} * i(t)$ 等式(5)

[0054] 其中 $V_1 = \frac{i(t)}{C_{pol}} * e^{\frac{-t}{R_{pol}C_{pol}}}$,

[0055] $V(t)$ 为t时刻的电池的端电压, $V_{oc}(SOC)$ 为t时刻电池的开路电压,表示成SOC的函数, V_1 为电池的极化电压, R_{ohm} 为电池的欧姆内阻, $i(t)$ 为t时刻电池的电流, R_{pol} 为电池的极化内阻, C_{pol} 为电池的极化电容;

[0056] 电池的SOE和电池的SOC的关系可以由等式(6)表达:

[0057] $SOE(t) = \frac{E(t)}{E_0} = \frac{V_{oc}(t)C_t}{V_{oc}(0)C_0} = \frac{V_{oc}(t)}{V_{oc}(0)} * SOC(t)$ 等式(6)

[0058] 其中, $SOC(t)$ 为t时刻的电池的SOC值, C_t 为t时刻的电池的剩余容量, C_0 为电池的额定容量, $SOE(t)$ 为t时刻电池的SOE值, $E(t)$ 为t时刻的电池的剩余能量, E_0 为电池的额定能量, $V_{oc}(t)$ 为t时刻电池的开路电压, $V_{oc}(0)$ 为电池满电时的开路电压。

[0059] 由于电池的SOC与电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 之间成单调函数关系,同时根据等式(6),

可以得出结论:电池的SOE与电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 之间也存在单调函数关系。因此等式(5)可以转化为上述的等式(1):

$$[0060] \quad V(t) = V_{oc}(SOE) - V_1 - R_{ohm} * i(t) \quad \text{等式(1)}$$

[0061] 其中 $V_{oc}(SOE)$ 是t时刻电池的开路电压,表示为SOE的函数。

[0062] 电池的SOE与电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 可以由等式(7)来表示:

$$[0063] \quad V_{oc} = f(SOE) \quad \text{等式(7)}$$

[0064] 等式(7)所表达的电池的SOE与电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 之间的对应关系(函数关系)可以通过查表获得,也可以通过电池进行多次充放电实验,记录不同时刻电池的SOE值和电池的开路电压值,进而拟合出电池的SOE与电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 之间的关系式。

[0065] 从等式(6)还可以看出,随着电池放电的进行,t时刻电池的开路电压 $V_{oc}(t)$ 与电池满电时的开路电压 $V_{oc}(0)$ 之间的差距越来越大,电池的SOE与电池的SOC之间并不呈线性关系,因此使用电池的SOC来反应电动汽车的续航里程并不准确。

[0066] 上述的电池的SOE的定义式可以由等式(2)来表达:

$$[0067] \quad SOE(t) = SOE(t_0) - \int_{t_0}^t \eta V_{oc}(t) i(t) dt / (V_{oc}(0) C_0) \quad \text{等式(2)}$$

[0068] 其中, $SOE(t)$ 为t时刻电池的SOE值, $SOE(t_0)$ 为初始时刻电池的SOE值, η 为电池充放电倍率的影响参数, $V_{oc}(t)$ 为t时刻电池的开路电压, $V_{oc}(0)$ 为电池满电时的开路电压, C_0 为电池的额定容量。

[0069] 在本发明的一实施方式中,上述的将电池的端电压与SOE的关系式离散得到电池系统离散空间模型的观测方程、将SOE的定义式离散得到电池系统离散空间模型的状态方程可以包括:

[0070] 令 $x_k = SOE_k$, $y_k = V_k$, $u_k = i_k$, 分别将等式(1)和等式(2)离散,得到上述的状态方程和观测方程:

$$[0071] \quad \text{状态方程: } x_k = x_{k-1} - \eta \int_{t_{k-1}}^{t_k} V_{oc}(t) i(t) dt + w_k \Delta t \quad \text{等式(3)}$$

$$[0072] \quad \text{观测方程: } y_k = f(x_k) - R_{ohm} u_k + v_k \quad \text{等式(4)}$$

[0073] 其中, x_k 为当前状态电池的SOE值, x_{k-1} 为上一状态电池的SOE值, $f(x_{k-1})$ 为上一状态电池的开路电压, u_{k-1} 为上一状态电池的观测电流, Δt 为采样周期, w_k 为过程噪声, y_k 为当前状态电池的端电压的观测值, $f(x_k)$ 为当前状态电池的开路电压, u_k 为当前状态电池的观测电流, $V_1(u_k)$ 为当前状态电池的极化电压, v_k 为观测噪声, $k=1, 2, 3 \dots N$, N 是正整数。

[0074] 在本发明的一实施方式中,过程噪声 w_k 和测量噪声 v_k 可以例如是高斯白噪声。一般情况下,过程噪声 w_k 和测量噪声 v_k 可以取零值。

[0075] 如图3所示,在本发明的一实施方式中,上述步骤S14或步骤S26中的根据检测到的电压和电流、状态方程和观测方程,使用EKF算法来估计电池SOE值可以包括:

[0076] 确定优化次数 N 和采样周期 Δt ;

[0077] 设定初始状态的误差协方差初始值 P_0 和初始状态的SOE初始值 x_0 ;

[0078] 根据上一状态进行误差协方差观测更新后的误差协方差值 P_{k-1}' ,对当前状态的误差协方差 P_k 进行误差协方差时间更新, $k=1, 2, 3 \dots N$;

[0079] 根据上一状态进行状态观测估计更新后的电池的SOE值 x'_{k-1} ,对当前状态的电池的SOE值 x_k 进行状态时间更新, $k=1, 2, 3 \dots N$;

- [0080] 计算当前状态下电池系统的卡尔曼增益 K_k ;
- [0081] 根据卡尔曼增益 K_k 对误差协方差 P_k 进行误差协方差观测更新,得到观测更新后的误差协方差 P'_k ;
- [0082] 根据卡尔曼增益 K_k 对SOE值 x_k 进行状态观测估计更新,以得到估计的SOE值 x'_k 。
- [0083] 应该说明的是,第一次对误差协方差进行时间更新时(即 $k=1$ 时),采用初始状态的误差协方差初始值 P_0 作为上一状态进行误差协方差观测更新后的误差协方差值(即 $P'_0=P_0$);第一次对电池的SOE值进行状态时间更新时,采用初始状态的SOE初始值 x_0 作为上一状态进行状态观测估计更新后的电池的SOE值(即 $x'_0=x_0$)。
- [0084] 对于上述的优化次数 N 和采样周期 Δt ,本领域的技术人员应该理解优化次数 N 的取值越大、采样周期 Δt 的取值越小,最终获得的SOE估计值越精确。
- [0085] 上述的初始状态的误差协方差初始值 P_0 和初始状态的SOE初始值 x_0 可以是本领域技术人员根据经验和实际需要给定,也可以采用如下方式获取:
- [0086] 对被测电池进行多次充放电实验,记录每次对应的电池SOE初值和电池开路电压初值,并建立被测电池的SOE初始值的多项式拟合函数;
- [0087] 求解多项式拟合函数,得到SOE初始值;
- [0088] 通过梯度仿真实验,确定误差协方差初始值。
- [0089] 通过上述方法可以实现电池SOE的估计,为用户判断续航里程提供更加准确的依据。
- [0090] 图4是根据本发明的一实施方式的用于估计电池SOE的装置的示意框图。该装置可以用于执行上述实施方式中的用于估计电池SOE的方法。具体来说,如图4所示,用于估计电池SOE的装置包括处理器10。
- [0091] 在本发明的一个实施方式中,处理器10可以被配置成:
- [0092] 建立电池的等效电路模型;
- [0093] 根据等效电路模型得到电池系统离散空间模型的状态方程和观测方程;
- [0094] 根据接收到的电池两端的检测电压和电池的检测电流、状态方程和观测方程,使用EKF算法来估计电池SOE值。
- [0095] 在本发明的一个实施方式中,该装置还可以包括电压传感器20,用于检测电池的端电压;电流传感器30,用于检测电池的电流。
- [0096] 该装置还可以包括显示器40,被配置成显示电池的SOE值。
- [0097] 在本发明的另一实施方式中,处理器10可以被配置成:
- [0098] 建立电池的等效电路模型;
- [0099] 根据等效电路模型得到电池的端电压与SOE的关系式;
- [0100] 将电池的端电压与SOE的关系式离散,得到电池系统离散空间模型的状态方程;
- [0101] 将SOE的定义式离散,得到电池系统离散空间模型的观测方程;
- [0102] 根据接收到的电池两端的检测电压和电池的检测电流、状态方程和观测方程,使用EKF算法来估计电池SOE值。
- [0103] 在本发明的一个实施方式中,使用EKF算法来估计电池SOE值时,处理器10可以被配置成:
- [0104] 确定优化次数 N 和采样周期 Δt ;

- [0105] 设定初始状态的误差协方差初始值 P_0 和初始状态的SOE初始值 x_0 ;
- [0106] 根据上一状态进行误差协方差观测更新后的误差协方差值 P'_{k-1} ,对当前状态的误差协方差 P_k 进行误差协方差时间更新, $k=1,2,3\cdots N$;
- [0107] 根据上一状态进行状态观测估计更新后的电池的SOE值 x'_{k-1} ,对当前状态的电池的SOE值 x_k 进行状态时间更新, $k=1,2,3\cdots N$;
- [0108] 计算当前状态下电池系统的卡尔曼增益 K_k ;
- [0109] 根据卡尔曼增益 K_k 对误差协方差 P_k 进行误差协方差观测更新,得到观测更新后的误差协方差 P'_k ;
- [0110] 根据卡尔曼增益 K_k 对SOE值 x_k 进行状态观测估计更新,以得到估计的SOE值 x'_k 。
- [0111] 在本发明的一个实施方式中,处理器10可以包括卡尔曼滤波器。
- [0112] 在本发明的一个实施方式中,上述的装置可以例如是电池管理系统BMS。
- [0113] 在本发明的一个实施方式中,提供了一种计算机可读存储介质,在该存储介质上存储有指令,该指令被处理器执行时使得该处理器执行如图1、图2和图3中任意所示的用于估计电池SOE的方法。
- [0114] 上述方法或装置实现了对电池的SOE值的估计,使得电池可以直接采用SOE值来表征电池的续航里程,为用户提供更为直接、更为准确的判断依据,防止电池提前终止放电,造成汽车半路“趴窝”等严重后果。
- [0115] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明的保护范围。另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合,为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。
- [0116] 此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

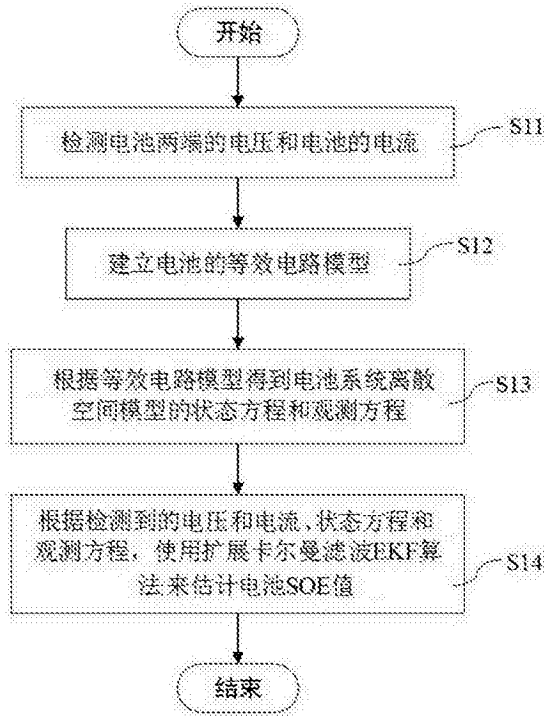


图1

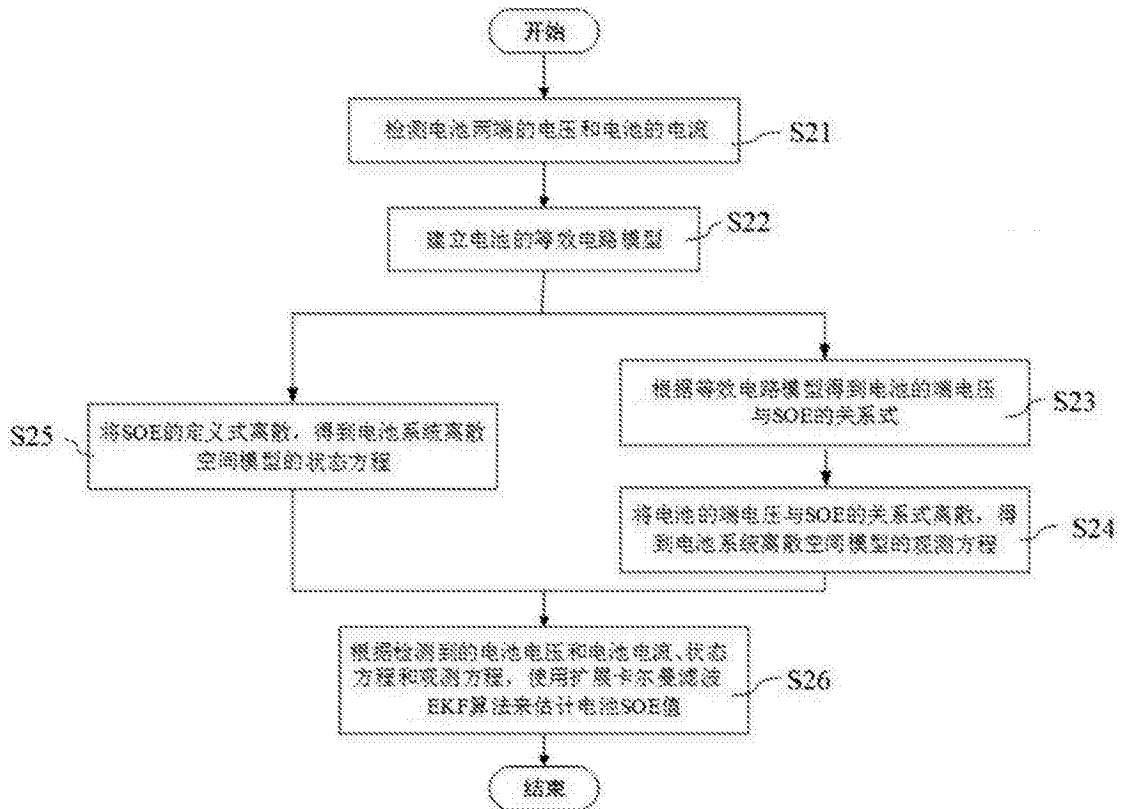


图2

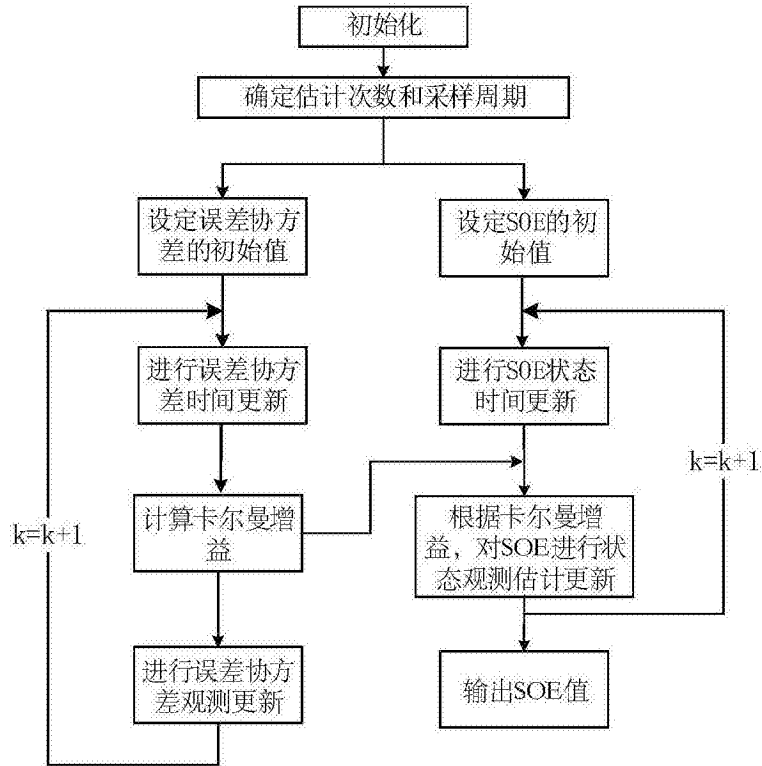


图3

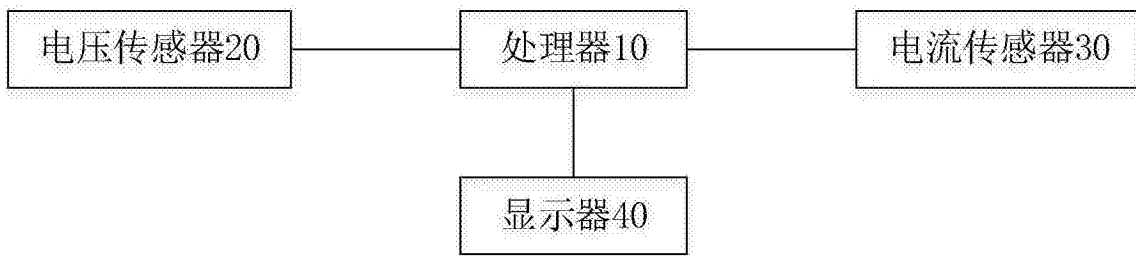


图4

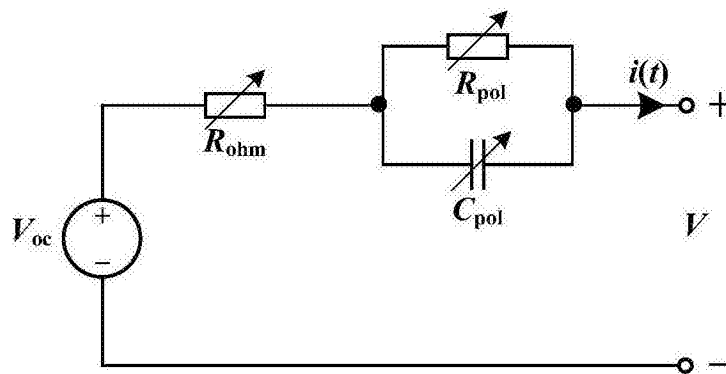


图5