

1. 一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一、采集电流和电压数据;

步骤二、采用改进后的 H_∞ 滤波算法估算SOC;

输入:采样周期内任意k时刻的电流 $I(k)$ 和电压 $U(k)$;

输出:对应k时刻的 SOC_k ;

首先通过观察不同控制参数下算法的效果,调整参数的方式,最终得到适合电池估计需求的数个噪声和观测值权重 S, R, Q, θ 和初始状态估计 P_0 ,具体处理算法为:

采样开始:

While(1)

{

$SOC_k = L_x k$;

$S_{k+1} = L^T S_k L$;

$$Ck = \frac{OCV(SOC_k + \beta) - OCV(SOC_k - \beta)}{2\beta};$$

$$T_k = (I - \theta S_k P_k + C_k^T R^{-1} C_k P_k);$$

$$K_k = A P_k T_k C_k^T R^{-1};$$

$$x_{k+1} = A x_k + B u_k + K_k [y_k - (OCV(SOC_k) + I R_0 + x_{k,2} + x_{k,3})];$$

$$P_{k+1} = A P_k T_k A^T + B Q_k B^T;$$

$k = k + 1$;

}

end采样结束;

其中 L 为初始状态矩阵, T_k 为状态协方差矩阵, K_k 卡尔曼增益系数, A_k 为状态转移矩阵, B_k 为系统的输入矩阵, OCV 为开路电压,通过输出方程与观测方程之间不断地循环迭代就可得出对应k时刻的SOC;

步骤三、每当做一次满充工况,就会触发SOH中容量计算模块的使能条件,通过修正策略把SOC修正到100,再利用 $\frac{AH(H \sim 1)}{1 - SOC(H)}$ 计算当前电池状态的可用容量 C' ,进而计算出

$SOH = \frac{C'}{C_0}$,其中 C_0 为额定容量, $AH(H \sim 1)$ 为到达满充修正与上一稳定时刻中间过程所累积的电流积分;

步骤四、预先设定一个阈值 β 时, $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$,若K时刻的SOH值与K-1时刻的SOH值之差大于阈值 β ,则会触发SOC老化修正模块,将当前SOH计算模块所得 C' 传递到SOC算法模块进行容量更新;

步骤五、当到达阈值 β 时,同时触发可变遗传因子的VFFRLS算法模块对老化后的电池做参数在线辨识更新;

步骤六、若 $SOH_0 - SOH' < \beta$,则不会触发更新,继续引用电池当前参数进行SOC和SOH估算;

步骤七、当 $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$,触发新一轮的更新,跳转到步骤五,否则返回到上

一步骤,不断循环迭代,直至电池整个寿命周期结束。

2. 根据权利要求1所述的一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法,其特征在于:所述VFFRLS算法包括三个处理过程,分别为:

过程一、初始化系统初值 θ_0, P_0 , 遗传因子最值 $\lambda_{\min}, \lambda_{\max}$, 敏感因子 q 及窗口大小 M , M 代表上段时间端电压误差时间的长度, e_i 代表 i 时刻的估计误差;

过程二:对遗传因子进行计算:

$$e_k = U_T(k) - u_k^T \theta_{k-1};$$

$$L(k) = -q \frac{\sum_{i=k-M+1}^k e_i e_i^T}{M};$$

$$\lambda_k = \lambda_{\min} + (\lambda_{\max} - \lambda_{\min}) 2^{L(k)};$$

过程三:进行递推最小二乘:

$$K_g = \frac{P_{k-1} u_k^T}{\lambda_k + u_k^T P_{k-1} u_k};$$

$$P_k = \frac{P_{k-1} - K_g u_k^T P_{k-1}}{\lambda_k};$$

$$\theta_k = \theta_{k-1} + K_g e_k;$$

其中 P_k 为协方差矩阵; K_g 为增益。

3. 根据权利要求1所述的一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计装置,其特征在于:所述装置包括:采集模块,用于采集算法处理需要的电池数据,所述电池数据包括电流值和电压值;

SOC算法处理模块,用于接收采集模块输送来的电池的电流值和电压值进行SOC估算,得到确定时刻内电池的SOC值;

算法修正模块,包含对SOC、SOH两方面的反馈值修正功能,具体的:1) 做满充的工况下,算法的反馈值触发SOH中容量计算模块的使能条件,会根据修正策略对SOC进行修正至100,并根据算法公式计算得到当前电池状态的可用容量,并进一步算出修正后的SOH值;

2) 预设的阈值 β 小于 KK 时刻的SOH值与 $K-1$ 时刻的SOH值之差时,触发SOC老化修正模块的条件,SOC算法模块进行容量更新;

3) 到达预设的阈值 β 时,同时触发可变遗传因子的VFFRLS算法模块对老化后的电池做参数在线辨识更新。

一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电池控制,具体是指一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法及装置。

背景技术

[0002] 采用 H^∞ 滤波算法估算SOC是BMS业界比较先进的一种方法,面对处理建模错误和噪声不确定性等问题有着更高的估算精度,但在 H^∞ 滤波算法中使用开路电压(OCV)与SOC之间的拟合方程作为算法的输出矩阵,这种方法往往会出现过拟合或欠拟合导致精度不够。

[0003] 电池的SOC与SOH之间存在着耦合关系,随着电池的老化,电池容量与电池内部的参数都会发生改变,若在整个电池的生命周期采用恒定不变的参数值进行估算,必然会导致SOC估算精度的下降。

[0004] 通过SOH算法更新容量,可以减少随着电池老化对SOC精度下降的影响,但电池老化不只是容量产生变化,电池内部的极化内阻、极化电容和欧姆内阻等内部参数也会随着电池老化跟着发生改变,这往往被开发者所忽略。

[0005] 在SOH估算方法的开发初期通常需要进行大量的交叉标定试验,以此来提高SOH的精度,但想要获得电池整个寿命周期的老化数据需要花费大量时间,严重限制了开发效率,因此开发出一套可在全寿命周期使用的SOH的方法对电池状态估计有着重要的意义。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种针对于电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法及装置,以解决电池的荷电状态(stateofcharge,SOC)与健康状态(stateofhealth,SOH)随着电池老化后估算精度降低的问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明提供的技术方案为:一种针对电网储能锂电池的SOC和SOH联合估计方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一、采集电流和电压数据;

[0009] 步骤二、采用改进后的 H^∞ 滤波算法估算SOC:

[0010] 输入:采样周期内任意k时刻的电流 $I(k)$ 和电压 $U(k)$;

[0011] 输出:对应k时刻的 SOC_k ;

[0012] 首先通过观察不同控制参数下算法的效果,调整参数的方式,最终得到适合电池估计需求的噪声和观测值权重 S, R, Q, θ 和初始状态估计 P_0 ,具体处理算法为:

[0013] 采样开始:

[0014] While(1)

[0015] {

[0016] $SOC_k = L_x k$;

[0017] $S_{k+1} = L^T S_k L$;

$$[0018] \quad Ck = \frac{OCV(SOC_k + \beta) - OCV(SOC_k - \beta)}{2\beta};$$

$$[0019] \quad T_k = (I - \theta S_k P_k + C_k^T R^{-1} C_k P_k);$$

$$[0020] \quad K_k = A P_k T_k C_k^T R^{-1};$$

$$[0021] \quad x_{k+1} = A x_k + B u_k + K_k [y_k - (OCV(SOC_k) + I R_0 + x_{k,2} + x_{k,3})];$$

$$[0022] \quad P_{k+1} = A P_k T_k A^T + B Q_k B^T;$$

$$[0023] \quad k = k + 1;$$

$$[0024] \quad \}$$

[0025] end采样结束;

[0026] 其中L为初始状态矩阵, T_k 为状态协方差矩阵, K_k 卡尔曼增益系数, A_k 为状态转移矩阵, B_k 为系统的输入矩阵, OCV为开路电压, 通过输出方程与观测方程之间不断地循环迭代就可得出对应k时刻的SOC;

[0027] 步骤三、每当做一次满充工况, 就会触发SOH中容量计算模块的使能条件, 通过修正策略把SOC修正到100, 再利用 $\frac{AH(H \sim 1)}{1 - SOC(H)}$ 计算当前电池状态的可用容量C', 进而计算

出 $SOH = \frac{C'}{C_0}$, 其中 C_0 为额定容量, AH(H~1) 为到达满充修正与上一稳定时刻中间过程所累积的电流积分;

[0028] 步骤四、预先设定一个阈值 β 时, $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$, 若k时刻的SOH值与k-1时刻的SOH值之差大于阈值 β , 则会触发SOC老化修正模块, 将当前SOH计算模块所得C' 传递到SOC算法模块进行容量更新;

[0029] 步骤五、当到达阈值 β 时, 同时触发可变遗传因子的VFFRLS算法模块对老化后的电池做参数在线辨识更新;

[0030] 步骤六、若 $SOH_0 - SOH' < \beta$, 则不会触发更新, 继续引用电池当前参数进行SOC和SOH估算;

[0031] 步骤七、当 $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$, 触发新一轮的更新, 跳转到步骤五, 否则返回到上一步骤, 不断循环迭代, 直至电池整个寿命周期结束。

[0032] 本发明与现有技术相比的优点在于: 1) 算法优化: 此方法通过引入一个波动值, 把真实SOC限制在一个更为精确的小区间内, 采用区间均值的思想降低外界噪声和系统误差带来的影响, 得到一个相对更准确的SOC值;

[0033] 2) 解决了SOH难以估算的问题, 且SOH相对SOC变化缓慢, 将SOC与SOH分为两个不同域进行计算, 不仅满足了电池的使用需求, 而且减小了BMS的运行负担;

[0034] 3) 针对电网储能的工况, 通过修正策略将两个状态估算模块串联了起来形成耦合算法模型, 提高了算法的稳定性, 保证了电池在整个寿命周期计算结果的准确性;

[0035] 4) 通过在线辨识与老化更新参数的方法替代了前期花费大量时间对电池进行交叉标定试验, 实现了电池参数随着电池老化后的自动更新, 有效节约了项目开发时间。

[0036] 进一步的, VFFRLS算法包括三个处理过程, 分别为:

[0037] 过程一、初始化系统初值 θ_0, P_0 , 遗传因子最值 $\lambda_{\min}, \lambda_{\max}$, 敏感因子 q 及窗口大小 M , M 代表上段时间端电压误差时间的长度, ei 代表 i 时刻的估计误差;

[0038] 过程二:对遗传因子进行计算:

$$[0039] \quad e_k = U_T(k) - u_k \theta_{k-1};$$

$$[0040] \quad L(k) = -q \frac{\sum_{i=k-M+1}^k e_i e_i^T}{M};$$

$$[0041] \quad \lambda_k = \lambda_{\min} + (\lambda_{\max} - \lambda_{\min}) 2^{L(k)};$$

[0042] 过程三:进行递推最小二乘:

$$[0043] \quad K_g = \frac{P_{k-1} u_k^T}{\lambda_k + u_k^T P_{k-1} u_k};$$

$$[0044] \quad P_k = \frac{P_{k-1} - K_g u_k^T P_{k-1}}{\lambda_k};$$

$$[0045] \quad \theta_k = \theta_{k-1} + K_g e_k;$$

[0046] 其中 P_k 为协方差矩阵; K_g 为增益。

[0047] 进一步的,装置包括:采集模块,用于采集算法处理需要的电池数据,所述电池数据包括电流值和电压值;

[0048] SOC算法处理模块,用于接收采集模块输送来的电池的电流值和电压值进行SOC估算,得到确定时刻内电池的SOC值;

[0049] 算法修正模块,包含对SOC、SOH两方面的反馈值修正功能,具体的:1) 做满充的情况下,算法的反馈值触发SOH中容量计算模块的使能条件,会根据修正策略对SOC进行修正至100,并根据算法公式计算得到当前电池状态的可用容量,并进一步算出修正后的SOH值;

[0050] 2) 预设的阈值 β 小于 KK 时刻的SOH值与 $K-1$ 时刻的SOH值之差时,触发SOC老化修正模块的条件,SOC算法模块进行容量更新;

[0051] 3) 到达预设的阈值 β 时,同时触发可变遗传因子的VFFRLS算法模块对老化后的电池做参数在线辨识更新。

附图说明

[0052] 图1是本发明的工作流程示意图。

具体实施方式

[0053] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明。

[0054] 本发明在具体实施时,如图1所示的实施例中,设计了一种改进的 H^∞ 滤波和VFFRLS相结合的SOC、SOH联合估计方法,具体的,包括以下步骤:

[0055] 步骤一、采集电流和电压数据;

[0056] 步骤二、采用改进后的 H^∞ 滤波算法估算SOC;

[0057] 输入:采样周期内任意 k 时刻的电流 $I(k)$ 和电压 $U(k)$;

[0058] 输出:对应 k 时刻的 SOC_k ;

[0059] 首先通过观察不同控制参数下算法的效果,调整参数的方式,最终得到适合电池

估计需求的数个噪声和观测值权重 S, R, Q, θ 和初始状态估计 P_0 ,具体处理算法为:

[0060] 采样开始:

[0061] While(1)

[0062] {

[0063] $SOC_k = L_x k$;

[0064] $S_{k+1} = L^T S_k L$;

[0065] $Ck = \frac{OCV(SOC_k + \beta) - OCV(SOC_k - \beta)}{2\beta}$;

[0066] $T_k = (I - \theta S_k P_k + C_k^T R^{-1} C_k P_k)$;

[0067] $K_k = A P_k T_k C_k^T R^{-1}$;

[0068] $x_{k+1} = A x_k + B u_k + K_k [y_k - (OCV(SOC_k) + IR_0 + x_{k,2} + x_{k,3})]$;

[0069] $P_{k+1} = A P_k T_k A^T + B Q_k B^T$;

[0070] $k = k + 1$;

[0071] }

[0072] end采样结束;

[0073] 其中 L 为初始状态矩阵, T_k 为状态协方差矩阵, K_k 卡尔曼增益系数, A_k 为状态转移矩阵, B_k 为系统的输入矩阵, OCV 为开路电压,通过输出方程与观测方程之间不断地循环迭代就可得出对应 k 时刻的SOC;

[0074] 步骤三、每当做一次满充工况,就会触发SOH中容量计算模块的使能条件,通过修正策略把SOC修正到100,再利用 $\frac{AH(H \sim 1)}{1 - SOC(H)}$ 计算当前电池状态的可用容量 C' ,进而计算

出 $SOH = \frac{C'}{C_0}$,其中 C_0 为额定容量, $AH(H \sim 1)$ 为到达满充修正与上一稳定时刻中间过程所累积的电流积分;

[0075] 步骤四、预先设定一个阈值 β 时, $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$,若 k 时刻的SOH值与 $k-1$ 时刻的SOH值之差大于阈值 β ,则会触发SOC老化修正模块,将当前SOH计算模块所得 C' 传递到SOC算法模块进行容量更新;

[0076] 步骤五、当到达阈值 β 时,同时触发可变遗传因子的VFFRLS算法模块对老化后的电池做参数在线辨识更新;

[0077] 步骤六、若 $SOH_0 - SOH' < \beta$,则不会触发更新,继续引用电池当前参数进行SOC和SOH估算;

[0078] 步骤七、当 $SOH(k) - SOH(k-1) \geq \beta$,触发新一轮的更新,跳转到步骤五,否则返回到上一步骤,不断循环迭代,直至电池整个寿命周期结束。

[0079] 在本发明的一个实施例中,如图1所示,在步骤二中,原 $H\infty$ 算法的输出矩阵 Ck 矩阵通常采用开路电压 OCV 与SOC的拟合方程进行计算,如下式:

[0080] $Ck = \left(\frac{dOCV(SOC)}{dSOC} \middle|_{SOC = SOCk \dots 1 \dots 1} \right)$

[0081]
$$OCV(SOC) = \sum_{i=0}^n a_i SOC^i$$

[0082] 通过这种方法计算输出矩阵Ck往往会出现过拟合或欠拟合导致精度下降的问题。

[0083] 算法改进点理论验证:经过改进的H ∞ 算法的输出矩阵Ck首先将本次迭代出的k时刻SOC取出,加减一个预先设定的微小的波动值 γ 得到SOC1,SOC2(由于受到外界噪声与系统误差的影响,由H ∞ 算法迭代算出的k时刻SOC仍然存在误差,此时真实SOC就限制在了SOC1与SOC2区间之内, γ 代表真实SOC与算法算出的SOC之间的差值,其中 γ 值的大小由SOC的计算精度确定),SOC1与SOC2再分别查找开路电压表,得到对应的OCV1和OCV2,将两个OCV做差再除以2 γ ,得到输出矩阵Ck。

[0084] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征以及发明的优点,本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

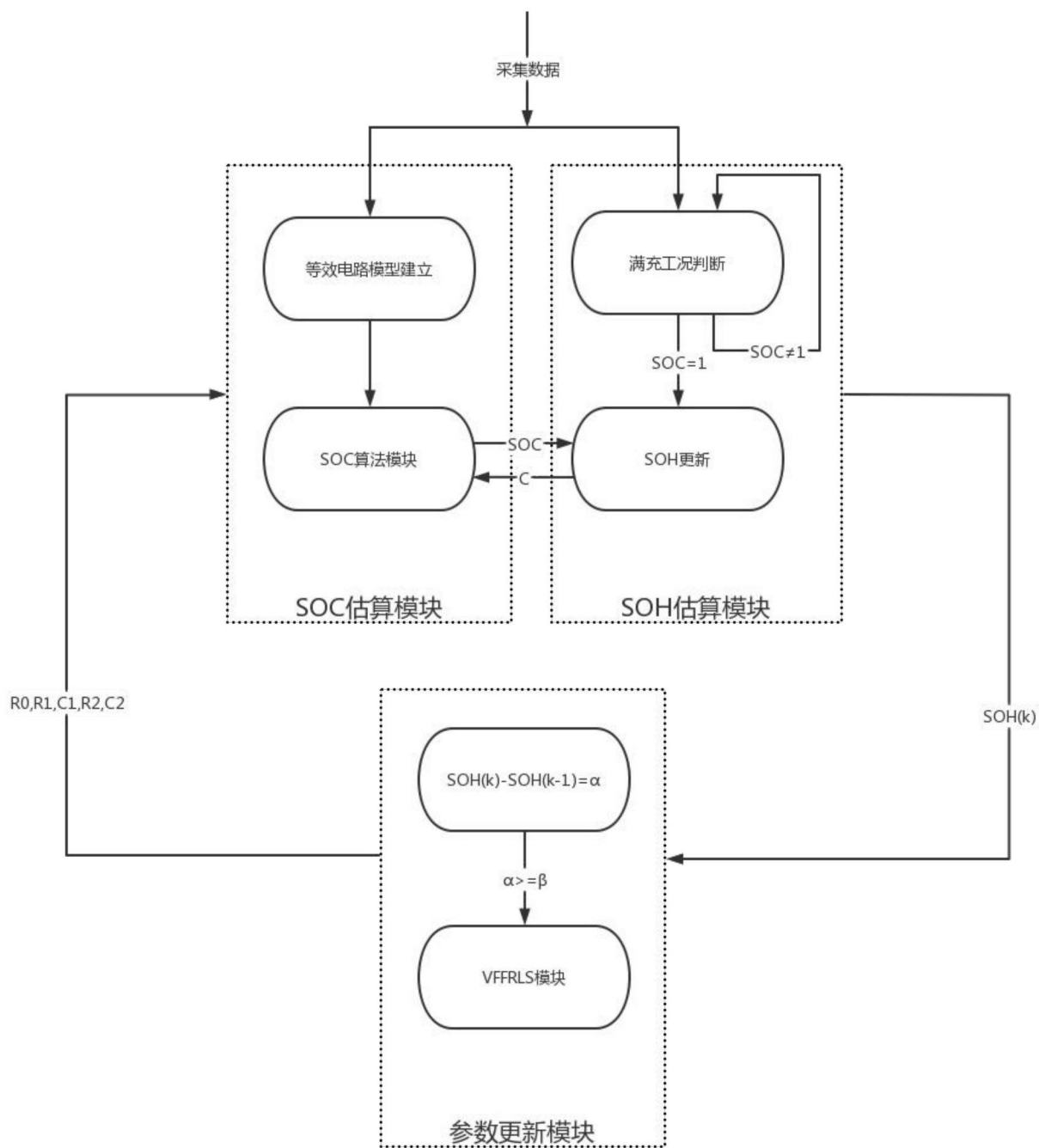


图1