



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109557477 A

(43)申请公布日 2019.04.02

(21)申请号 201710876498.1

(22)申请日 2017.09.25

(71)申请人 郑州宇通客车股份有限公司

地址 450016 河南省郑州市十八里河宇通
工业园区

(72)发明人 周雪松 张红涛 游祥龙 涂洪成
武剑锋 曹瑞中 孙艳艳 周时国

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限
公司 41119

代理人 吴敏

(51)Int.Cl.

G01R 31/392(2019.01)

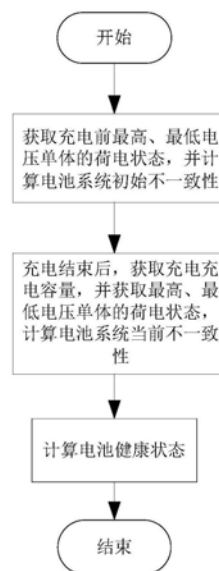
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种电池系统健康状态估算方法

(57)摘要

本发明提供了一种电池系统健康状态估算方法,获取充电前最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,计算电池系统初始不一致性;充电结束后,获取充电容量,并获取最高电压单体的荷电状态和最低电压单体的荷电状态,电池系统当前不一致性,根据充电结束后的充电容量、充电结束后最高电压单体的荷电状态及充电前最高电压单体的荷电状态计算电池单体当前容量;根据单体初始容量、系统初始不一致性、电池单体当前容量及系统当前不一致性计算电池健康状态。将系统不一致性引入电池SOH计算策略中可以精确的计算电池的SOH,使管理人员根据计算结果针对性采取不同的策略,对客户则提供对其真正有帮助的系统SOH,使其准确估计续时里程。



1. 一种电池系统健康状态估算方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 获取充电前最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,根据电池系统中最高电压单体的初始荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统初始不一致性;

2) 充电结束后,获取最高电压单体充电容量,并获取最高电压单体的荷电状态和最低电压单体的荷电状态,根据最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统当前不一致性,根据充电结束后最高电压单体对应的充电容量、充电结束后最高电压单体的荷电状态及充电前最高电压单体的荷电状态计算电池单体当前容量;

3) 根据最高电压单体初始容量、系统初始不一致性、电池单体当前容量及系统当前不一致性计算电池健康状态。

2. 根据权利要求1所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,步骤2)中充电结束后获取的最高电压单体的荷电状态需满足设定条件,所述设定条件指的是电池静置时间超过设定时间,且最高电压单体的荷电状态小于设定值。

3. 根据权利要求2所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,电池单体当前容量的计算过程为:充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去充电前的最高电压单体的荷电状态,将充电容量除以上述荷电状态差值得到电池单体当前容量。

4. 根据权利要求2所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,电池系统初始不一致性的计算过程为:充电前最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态,得到荷电状态差值,将1减去所述荷电状态差值得到电池系统初始不一致性。

5. 根据权利要求2所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,电池系统当前不一致性的计算过程为:充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态,得到荷电状态差值,将1减去所述荷电状态差值得到电池系统当前不一致性。

6. 根据权利要求5所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,所述电池系统荷电状态健康表示为:

$$\text{SOH} = \frac{\text{单体当前容量} \cdot \text{系统当前不一致性}}{\text{单体初始容量} \cdot \text{系统初始不一致性}}。$$

7. 根据权利要求2所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,在计算电池系统当前不一致性时,假设连续两次充电之间,的计算过程为:

(1) 电池第一次充满电时,记录最高电压单体的位置号;

(2) 满足设定条件后,记录最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,进行第二次充电,记录第二次充满电时的充电容量,并记录充满电时的最高电压单体的荷电状态;

(3) 若此时最高电压单体的位置号等于第一次充满电时记录的最高电压单体的位置号,则根据所述充电容量、满足设定条件后的最高电压单体的荷电状态及第二次充满电时最高电压单体的荷电状态,计算电池单体当前容量,并根据所述电池单体当前容量及电池系统当前不一致性。

8. 根据权利要求1所述的电池系统健康状态估算方法,其特征在于,充电前,记录所有电池单体的荷电状态,充电结束后查询电压最高的电池单体,根据得到的电压最高的电池单体查找该电池单体的荷电状态。

一种电池系统健康状态估算方法

技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车用动力电池技术领域,特别涉及一种电池系统健康状态估算方法。

背景技术

[0002] 目前,随着电动车、储能领域的蓬勃发展,对于电池组性能的监控和保护也越来越得到重视,电压、电流、温度、单电芯一致性早已实现,电池荷电状态SOC(State Of Charge)已经实现了高精度的预测,而电池健康状态SOH(State Of Health)的高精度预测成为亟待解决的问题。电动汽车市场中的占比越来越高,电池是电动汽车最为关键的部件,用户最为关心的性能指标是续航里程,随着电池的持续使用,电池内阻升高,容量缓慢的衰减,客户十分关心电池真实健康状态,即SOH,通过相关策略计算电池的健康状态值,以评价电池组还剩余多少容量能被有效利用,帮助客户掌握电池的真实容量情况,保证车辆可靠行驶。

[0003] 磷酸铁锂电池在充放电过程中存在平台期,依据电压对SOC估计误差很大,进而影响到SOH的计算。磷酸铁锂电池在充放电过程中因为电化学极化、浓度极化、欧姆极化三种极化造成开路电压和实际检测到的电压存在差异,而这种差异在停止充放电的过程中不是瞬间消除的,通常要经过十几分钟,甚至是一小时以上的时间,这就为有效的估算电池SOH的策略造成了障碍。另一个对现有技术造成困难的原因在于磷酸铁锂电池的SOC-OCV曲线在30%-100%的范围辨识度极低,也就是说电压的微小变化会造成SOC的大范围变化,此时SOC-OCV法无法使用。目前技术对SOH的预测仅限于对单体本身的预测,没有考虑到不一致性对SOH带来的影响,导致使用过程一旦电池一致性较差,SOH严重不准,影响客户正确判断电池可用容量。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种电池系统健康状态计算方法,用于解决现有技术中未考虑系统不一致性造成电池健康状态计算不准确的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明的技术方案是:

[0006] 一种电池系统健康状态估算方法,包括如下步骤:

[0007] 1) 获取充电前最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,根据电池系统中最高电压单体的初始荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统初始不一致性;

[0008] 2) 充电结束后,获取最高电压单体充电容量,并获取最高电压单体的荷电状态和最低电压单体的荷电状态,根据最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统当前不一致性,根据充电结束后最高电压单体对应的充电容量、充电结束后最高电压单体的荷电状态及充电前最高电压单体的荷电状态计算电池单体当前容量;

[0009] 3) 根据最高电压单体初始容量、系统初始不一致性、电池单体当前容量及系统当前不一致性计算电池健康状态。

[0010] 进一步地,步骤2)中充电结束后获取的最高电压单体的荷电状态需满足设定条件,所述设定条件指的是电池静置时间超过设定时间,且最高电压单体的荷电状态小于设定值。

[0011] 进一步地,电池单体当前容量的计算过程为:充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去充电前的最高电压单体的荷电状态,将充电容量除以上述荷电状态差值得到电池单体当前容量。

[0012] 进一步地,电池系统初始不一致性的计算过程为:充电前最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态,得到荷电状态差值,将1减去所述荷电状态差值得到电池系统初始不一致性。

[0013] 进一步地,电池系统当前不一致性的计算过程为:充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态,得到荷电状态差值,将1减去所述荷电状态差值得到电池系统当前不一致性。

[0014] 进一步地,所述电池系统荷电状态健康表示为:

$$[0015] \quad \text{SOH} = \frac{\text{单体当前容量} \cdot \text{系统当前不一致性}}{\text{单体初始容量} \cdot \text{系统初始不一致性}}。$$

[0016] 进一步地,在计算电池系统当前不一致性时,假设连续两次充电之间,的计算过程为:

[0017] (1) 电池第一次充满电时,记录最高电压单体的位置号;

[0018] (2) 满足设定条件后,记录最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,进行第二次充电,记录第二次充满电时的充电容量,并记录充满电时的最高电压单体的荷电状态;

[0019] (3) 若此时最高电压单体的位置号等于第一次充满电时记录的最高电压单体的位置号,则根据所述充电容量、满足设定条件后的最高电压单体的荷电状态及第二次充满电时最高电压单体的荷电状态,计算电池单体当前容量,并根据所述电池单体当前容量及电池系统当前不一致性。

[0020] 进一步地,充电前,记录所有电池单体的荷电状态,充电结束后查询电压最高的电池单体,根据得到的电压最高的电池单体查找该电池单体的荷电状态。

[0021] 本发明的有益效果是:

[0022] 本发明获取充电前最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态,根据电池系统中最高电压单体的初始荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统初始不一致性;充电结束后,获取充电容量,并获取最高电压单体的荷电状态和最低电压单体的荷电状态,根据最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统当前不一致性,根据充电结束后最高电压单体对应的充电容量、充电结束后最高电压单体的荷电状态及充电前最高电压单体的荷电状态计算电池单体当前容量;根据单体初始容量、系统初始不一致性、电池单体当前容量及系统当前不一致性计算电池健康状态。本发明将系统不一致性引入电池健康状态计算策略中可以精确的计算电池的健康状态,使技术和售后人员可以判断出SOH的降低过程中,真实的电池容量衰减和系统不一致性所造成的容量减少究竟对容量损失的占比如何,根据反馈结果可以针对性采取不同的策略,对客户则提供对其真正有帮助的系统SOH,使其准确估计续时里程。

附图说明

[0023] 图1为电池健康状态的估算方法流程图；

[0024] 图2为25℃下的磷酸铁锂电池SOC-OCV曲线示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明：

[0026] 本实施例提供的电池健康状态估算方法，如图1所示，包括如下步骤：

[0027] 1) 获取充电前最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态，根据电池系统中最高电压单体的初始荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统初始不一致性；由于充电开始时的最高电压单体不一定是充电截止时的最高电压单体，因此，采用的方法是：充电前记录所有电池单体的荷电状态，充电结束后查询电压最高的电池单体，根据得到的电压最高的电池单体查找该电池单体的荷电状态，但是该方法需要很大的存储空间来存储电池单体的初始健康状态值，由于目前BMS使用单片机，储存空间和计算速度都有限，无法满足大量的存储和计算。

[0028] 2) 充电结束后，获取最高电压单体充电容量，并获取最高电压单体的荷电状态和最低电压单体的荷电状态，根据最高电压单体的荷电状态及最低电压单体的荷电状态计算电池系统当前不一致性，根据充电结束后最高电压单体对应的充电容量、充电结束后最高电压单体的荷电状态及充电前最高电压单体的荷电状态计算电池单体当前容量。

[0029] 电池系统初始不一致性的计算过程为：充电前最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态，得到荷电状态差值，将1减去所述荷电状态差值得到电池系统初始不一致性。

[0030] 电池系统当前不一致性的计算过程为：充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去最低电压单体的荷电状态，得到荷电状态差值，将1减去所述荷电状态差值得到电池系统当前不一致性。

[0031] 电池单体当前容量的计算过程为：充电结束后的最高电压单体的荷电状态减去充电前的最高电压单体的荷电状态，将充电容量除以上述荷电状态差值得到电池单体当前容量。

[0032] 举个例子来说明，假设电池系统由三个单体串联组成，这三个单体电压分别是max(最大)、average(平均)、min(最小)。在放电到单体电压下限时，三者的真实SOC分别为 $SOC_{max}=2\%$ ， $SOC_{average}=1\%$ ， $SOC_{min}=0\%$ 。当充电到单体电压上限时，三者的真实SOC分别为 $SOC_{max}=100\%$ ， $SOC_{average}=99\%$ ， $SOC_{min}=98\%$ 。假设从电压下限开始充电到电压上限，三者充电容量一致，为Ah，三者的实际容量也相同。单体当前容量 $(T) = Ah / (100\% - 2\%)$ 或单体当前容量 $(T) = Ah / (99\% - 1\%)$ ，或单体当前容量 $(T) = Ah / (99\% - 1\%)$ ，系统实际容量=单体当前容量 $(T) * 系统当前不一致性 = Ah / (100\% - 2\%) * (1 - (100\% - 98\%))$ ，电池单体当前不一致性为最高单体真实SOC减去最低单体真实SOC，系统当前不一致性为1减去电池单体当前不一致性。

[0033] 3) 根据最高电压单体初始容量、系统初始不一致性、电池单体当前容量及系统当前不一致性计算电池健康状态，其表达式为：

$$[0034] \quad \text{系统SOH} = \frac{\text{单体当前容量}(T) \cdot \text{系统当前不一致性}}{\text{单体初始容量}(T) \cdot \text{系统初始不一致性}}$$

[0035] 同时,可计算电池单体的健康状态,其表达式为:

$$[0036] \quad \text{单体SOH} = \frac{\text{单体当前容量}(T)}{\text{单体初始容量}(T)}$$

[0037] 其中,T为环境温度,单体当前容量和单体初始容量均为T的函数,计算时要保证两者的环境温度相同。

[0038] 一般来说,电池单体的当前容量可由电池系统中任意一个电池单体来计算,在求解电池单体的当前容量时电池荷电状态SOC是否正确对其影响很大,目前常采用开路电压方法,根据SOC-OCV曲线得到电池的SOC。如图2所示,当SOC在70%-95%、30%-70%范围时,曲线接近一条水平直线,这意味着电压的微小变化会造成SOC的巨大变化。在这样的条件下,无法根据SOC-OCV法得到电池真实SOC的。针对磷酸铁锂电池,30%-95%范围内SOC不可用。这还仅仅是在环境温度严格可控的试验条件下的结果,如果考虑到实际应用中的温度分布不均匀,周围环境温度可变,那样造成的误差将会更大,导致SOC-OCV法对于真实SOC估计完全失效。因为在单体电池降流充电到电压上限3.65V(针对常见铁锂电池)时,此单体的真实SOC为100%,这时无须使用SOC-OCV法预测。因此,在磷酸铁锂电池SOH的估算中,使用最高电压单体来计算,且最高单体的荷电状态需满足设定条件来计算电池单体的实际容量,并结合电池系统的不一致性来估算磷酸铁锂电池的SOH。

[0039] 因此,上述步骤中充电结束后获取的最高电压单体的荷电状态需满足设定条件,所述设定条件指的是电池静置时间超过设定时间(本实施例中的设定时间为15min),且最高电压单体的荷电状态小于设定值(本实施例中荷电状态设定值为30%)。

[0040] 为了提高电池健康状态计算的精确性,针对电池单体真实容量(即单体当前容量)和电池系统当前容量的计算,因此,本发明还提供了一种电池系统健康状态估算方法,步骤为:

[0041] 1、电池第一次充满电时,记录最高电压单体的位置号N并存储。

[0042] 2、电池持续运行,满足设定条件后,该设定条件为电池静置时间超过15min,且最高电压单体的荷电状态小于30%,记录最高电压单体的荷电状态SOC_N及最低电压单体的荷电状态SOC_低,此时,进行第二次充电,记录第二次充满电时的充电容量Ah,并记录充满电时的最高电压单体的荷电状态为100%。

[0043] 3、读取第二次电池充满电时的最高电压单体位置号,判断最高电压单体的位置号是否等于第一次充满电时记录的最高电压单体的位置号,若等于,则计算电池系统的健康状态SOH。

[0044] 首先根据所述充电容量、满足设定条件后的最高电压单体的荷电状态及第二次充满电时最高电压单体的荷电状态,计算电池单体当前容量,其计算公式为:

$$[0045] \quad \text{Ah} / (1 - \text{SOC}_N)$$

[0046] 其中,SOC_N为满足设定条件后记录的最低电压单体的荷电状态。

[0047] 并根据所述电池单体当前容量及电池系统当前不一致性计算电池系统的当前容量,其计算公式为:

$$[0048] \quad \text{Ah}_{\text{accu}} = \text{Ah} / (1 - \text{SOC}_N) * \sigma_1$$

[0049] 其中, Ahaccu为电池系统的当前容量, Ah为充电容量, SOC_N为满足设定条件后记录的最低电压单体的荷电状态, σ_1 为电池系统当前不一致性, 表示为 $\sigma_1 = 1 - (\text{SOC}_N - \text{SOC}_{\text{低}})$ 。

[0050] 4、根据电池系统的当前容量、电池单体初始容量及系统初始不一致性, 计算电池的健康状态, 其计算公式为:

[0051] $\text{SOH} = \text{Ahaccu} / \text{Ahstart} * \sigma_2$

[0052] 其中, SOH为电池健康状态, Ahstart为电池单体初始容量, σ_2 为电池系统初始不一致性; 电池初始容量通过查表获得, 针对一款新的电池, 首先完成在不同温度下的SOC-OCV曲线测试, 使系统可以在SOC辨识度高的区域, 根据电压计算真实SOC。其次测试单体在不同温度下的初始容量, 形成表格, 使系统在计算SOH可以查找; 系统初始不一致性 σ_2 的计算方法与系统当前不一致性的计算方法相同, 系统首次计算当前不一致性后, 赋值给 σ_2 , 此后计算 σ_2 值固定。即系统初始不一致性的计算方法和系统当前不一致性的计算方法没有差别, 初始仅仅是首次计算的结果并被保存下来。

[0053] 以上给出了具体的实施方式, 但本发明不局限于以上所描述的实施方式。本发明的基本思路在于上述基本方案, 对本领域普通技术人员而言, 根据本发明的教导, 设计出各种变形的模型、公式、参数并不需要花费创造性劳动。在不脱离本发明的原理和精神的情况下对实施方式进行的变化、修改、替换和变型仍落入本发明的保护范围内。



图1

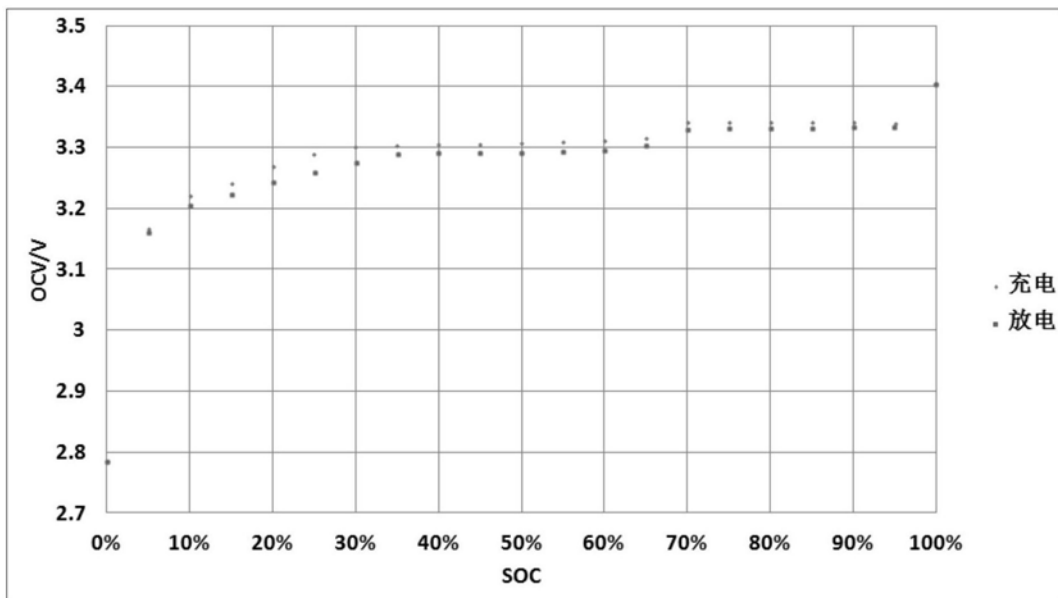


图2