



(21) 申请号 202311156650.0

(22) 申请日 2023.09.08

(71) 申请人 大连融科储能技术发展有限公司  
地址 116023 辽宁省大连市高新技术产业  
园区信达街22号

(72) 发明人 刘宗浩 张蓉蓉 刘若男 李占宝  
荣明林 王世宇 穆生胧

(74) 专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊  
普通合伙) 21235  
专利代理师 盖小静

(51) Int. Cl.

G01R 31/392 (2019.01)

G01R 31/378 (2019.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法及系统,涉及储能电池管理技术领域;其估算方法,包括:搭建用于测量参比电压的参比电池结构;电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极与正极或负极的电位差值即参比电压RCV;通过基准曲线 $RCV_{基准}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。本发明从机理上准确反映了影响全钒液流电池衰减的主要因素,直观有效地监测到电解液的实时状态,最大程度避免充放电运行状态以及温度等因素对于全钒液流电池SOH估算的干扰,精确度高,适用性强。

1. 一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,其特征在于,包括:
  - 搭建用于测量参比电压的参比电池结构;
  - 电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极与正极或负极的电位差值即参比电压RCV;
  - 通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;
  - 根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。
2. 根据权利要求1所述一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,其特征在于,所述基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 获取方式为:
  - 在钒电池投运时,即SOH为100%时,做一次充放电循环测试,获得参比电压RCV与开路电压OCV的基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 。
3. 根据权利要求1或2所述一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,其特征在于,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值,具体为:
  - 利用电池管理系统BMS测量电池当前状态下开路电压 $OCV_t$ 以及当前参比电压 $RCV_t$ ,并通过所述基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ ,得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值 $\Delta RCV = RCV_t - RCV_{\text{基准}}$ 。
4. 根据权利要求3所述一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,其特征在于,根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH,具体为:
  - 偏移系数利用下式获取:
 
$$\lambda = A \times \ln(\Delta RCV) + B \times \Delta RCV + C$$
  - 其中, $\lambda$ 表示中间变量偏移系数; $\Delta RCV$ 表示当前 $OCV_t$ 对应的偏移值,单位为mV;A、B、C为拟合系数;
  - 电池健康状态SOH利用下式获取:
 
$$SOH = (D \times \lambda^3 + E \times \lambda^2 + F \times \lambda + G) \times 100\%$$
  - 其中,SOH表示全钒液流电池健康状态,D、E、F、G为拟合系数。
5. 一种全钒液流电池健康状态SOH估算系统,其特征在于,包括:
  - 搭建模块,用于测量参比电压的参比电池结构;
  - 参数获取模块,通过电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极板与正极电极板或负极的电位差值即参比电压RCV;
  - 偏移值获取模块,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;
  - 估算模块,根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。

## 一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及储能电池管理技术领域,具体涉及一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法及系统。

### 背景技术

[0002] 储能技术是当前构建智能电网、提高能源系统可再生能源占比、促进碳达峰、碳中和的关键支撑技术。其中,全钒液流电池储能技术,以安全性好、循环寿命长、资源友好、回收方便等特点,连续多年一直保持着快速增长的趋势,在电力系统中得到了广泛应用。在电源侧,全钒液流电池储能可以提高风电、光伏等新能源发电质量,回收弃风、弃光,提高新能源发电小时数,促进新能源消纳;在电网侧,全钒液流电池储能能够为电网运行提供调峰、调频、备用容量、黑启动、需求响应等多种服务,提升传统电力系统灵活性、经济性和安全性;在用户侧,全钒液流电池储能可以通过谷电峰用,容量管理等手段,为用户节约用电费用,同时还可以联合用户侧分布式新能源构建微网,在电网发生故障时保证系统离网运行,提高用户供电可靠性和用电质量。

[0003] 随着全钒液流电池储能技术的快速发展,其运行的安全性、可靠性和可调度性受到越来越广泛的关注与重视,特别是在大规模应用领域。系统健康状态(SOH, State of Health)指标的准确表征有利于掌握电池系统可利用容量,提高电池系统的可调度性和电池系统运行的经济性。准确评估和预测电池的SOH,可以及时对电池系统的充放电控制策略进行调整,还可以对电池系统运行维护提前发出预警;制定针对性调度运行策略,是电池系统可靠稳定运行及维持高效可调度特性的必要手段。

[0004] 目前电池SOH测试方法主要可分为两大类,即特征法和模型法。其中,特征法主要包括内阻分析法、电化学阻抗谱分析法和微分分析法,模型法主要包括老化机理模型法和概率模型法。然而,上述方法均存在明显缺陷,其中,内阻分析法的难点在于SOH与电池内阻映射关系的建立和提取,且所提取的特征关系通常仅适用于某一规格电池,不同规格电池之间的通用性较差。电化学阻抗谱分析法涉及的电化学阻抗谱测量十分复杂且需要专用仪器,一般只能离线应用,同样具有通用性差的问题。微分分析法难以建立曲线峰值点电压与电池SOH之间的映射关系。老化机理模型法则存在工作量大,耗时长,模型复杂等问题,难以在工程实际中应用。概率模型法的特征映射关系提取需要考虑多种因素,工作量较大。

[0005] 综上所述,电池老化及容量衰减的本质是复杂的、多因素的电化学及物理过程,且电池内部的实时电化学参数大多难以准确测量,对该过程进行准确的、复杂的、适当的数学描述具有较大难度。当前的SOH估算,尤其是全钒液流电池SOH估算,受实际工况影响,估算工作相当复杂,且随机性较强,这使得估算难度剧增,同时SOH估算技术通用性也较差,目前所取得的成果相对较少。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于,提出一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法及系统,以解决

目前全钒液流电池SOH估算难度高、工作量大、随机性强、普适性差的问题。

[0007] 第一方面,本申请提出一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,包括:

[0008] 搭建用于测量参比电压的参比电池结构;

[0009] 电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极与正极或负极的电位差值即参比电压RCV;

[0010] 通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;

[0011] 根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。

[0012] 优选方式下,所述基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 获取方式为:

[0013] 在钒电池投运时,即SOH为100%时,做一次充放电循环测试,获得参比电压RCV与开路电压OCV的基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 。

[0014] 优选方式下,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值,具体为:

[0015] 利用电池管理系统BMS测量电池当前状态下开路电压 $OCV_t$ 以及当前参比电压 $RCV_t$ ,并通过所述基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ ,得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值 $\Delta RCV = RCV_t - RCV_{\text{基准}}$ 。

[0016] 优选方式下,根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH,具体为:

[0017] 偏移系数利用下式获取:

[0018]  $\lambda = A \times \ln(\Delta RCV) + B \times \Delta RCV + C$

[0019] 其中, $\lambda$ 表示中间变量偏移系数; $\Delta RCV$ 表示当前 $OCV_t$ 对应的偏移值,单位为mV;A、B、C为拟合系数;

[0020] 电池健康状态SOH利用下式获取:

[0021]  $SOH = (D \times \lambda^3 + E \times \lambda^2 + F \times \lambda + G) \times 100\%$

[0022] 其中,SOH表示全钒液流电池健康状态,D、E、F、G为拟合系数。

[0023] 第二方面,本申请提出一种全钒液流电池健康状态SOH估算系统,包括:

[0024] 搭建模块,用于测量参比电压的参比电池结构;

[0025] 参数获取模块,通过电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极板与正极电极板或负极的电位差值即参比电压RCV;

[0026] 偏移值获取模块,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;

[0027] 估算模块,根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。

[0028] 本发明采用的以上技术方案,与现有技术相比,具有的优点是:

[0029] 1. 本发明从机理上准确反映了影响全钒液流电池衰减的主要因素,直观有效地监测到电解液的实时状态,最大程度避免充放电运行状态以及温度等因素对于全钒液流电池SOH估算的干扰,精确度高,适用性强。

[0030] 2. 本发明方案简单,可实时在线监测电池健康状态,实施性强。

## 附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所

需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0032] 图1为基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 示意图;

[0033] 图2为参比电池液路示意图;

[0034] 图3为电池管理系统BMS架构图;

[0035] 图4为SOH估算方法的流程图。

[0036] 具体实施方法

[0037] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请,并不用于限定本申请,即所描述的实施例仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0038] 本实施例提供一种全钒液流电池健康状态SOH估算方法,是可以实现在线监测电池健康状态的估算方法,操作简单,检测时间短,可快速得出当前电池健康状态值。本方法从电池电解液状态出发,通过搭建一种测量单极侧参比电压的参比电池结构,并利用电池管理系统,测量电池实时开路电压OCV、单极侧参比电压RCV等电池实时运行参数。具体实现方式包括:

[0039] 步骤1、搭建用于测量参比电压的参比电池结构;

[0040] 具体的,本实施例采用安装正极参比电池结构。

[0041] 步骤2、电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极与正极或负极的电位差值即参比电压RCV;

[0042] 具体的,电池管理系统BMS,除了采集电池模块常规信息如单堆电压、模块总电压、支路电流,实时开路电压(OCV,Open circuit voltage)、电解液储罐及管路内数据如正、负极储罐温度,正、负极管道压力,正、负极循环泵的参数信息等,增加了参比电极与正极或负极电位差值的采集,即正极参比电压或负极参比电压(RCV,Reference cell voltage)。本实施例根据选用的正极参比电池结构,测量正极参比电压。

[0043] 步骤3、如图2所示,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的RCV偏移值;

[0044] 具体的,在钒电池投运时,即SOH为100%时,做一次充放电循环测试,获得正极或负极参比电压RCV与开路电压OCV的基准曲线 $RCV_{\text{基准}}-OCV$ ,本实施例采用了正极参比电压,参见下表:

序号	OCV (V)	RCV 标准值 (mV)
1	1.54	97.80
2	1.53	93.44
3	1.52	88.93
4	1.51	84.27
5	1.50	79.49
6	1.49	74.59
7	1.48	69.59
8	1.47	64.50
9	1.46	59.34
10	1.45	54.11
11	1.44	48.83
12	1.43	43.52
13	1.42	38.18
14	1.41	32.83
15	1.40	27.48
16	1.39	22.15
17	1.38	16.84
18	1.37	11.58
19	1.36	6.37
20	1.35	1.22

[0047] 步骤4、根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。

[0048] 具体的,利用BMS测量电池当前状态下开路电压 $OCV_t$  1.40V以及当前正极或负极参比电压 $RCV_t$  27.51mV,并通过基准曲线 $RCV_{基准}-OCV$ ,得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的偏移值 $\Delta RCV=RCV_t-RCV_{基准}=27.51-27.48=0.03mV$ ,利用下式得到偏移系数:

[0049]  $\lambda=11 \times \ln(\Delta RCV)+48+0.0001 \times \Delta RCV \approx 9.47$

[0050] 将偏移系数 $\lambda$ ,代入下式:

[0051]  $SOH=(-1 \times 10^{-7} \times \lambda^3+1 \times 10^{-5} \times \lambda^2-0.00065 \times \lambda+1) \times 100\%=99.47\%$

[0052] 其中,SOH表示全钒液流电池健康状态, $\lambda$ 表示中间变量偏移系数。

[0053] SOH通用定义为: $SOH=\frac{Q_{aged}}{Q_{rate}} \times 100\%$

[0054] 式中: $Q_{rate}$ 为电池出厂时的额定容量或标称容量, $Q_{aged}$ 为投入使用后电池实际的可用容量。

[0055] 为验证本估算方法的准确性,将实际运行数据充放电量代入上式,测试系统额定放电量(SOH为100%时)为41.68kWh,放电量为41.42kWh,可得到实际运行过程中,SOH实际值为:

[0056]  $SOH=\frac{Q_{aged}}{Q_{rate}} \times 100\%=41.42/41.68 \times 100\% \approx 99.38\%$

[0057] 并得到估算误差:

[0058]  $(99.47\% - 99.38\%) / 99.38\% * 100\% = 0.09\%$ 。

[0059] 本实施例还提供一种全钒液流电池健康状态SOH估算系统,包括:

[0060] 搭建模块,用于测量参比电压的参比电池结构;

[0061] 参数获取模块,通过电池管理系统BMS获取参比电池结构中参比电极板与正极电极板或负极的电位差值即参比电压RCV;

[0062] 偏移值获取模块,通过基准曲线 $RCV_{\text{基准}} - OCV$ 得到当前状态下开路电压 $OCV_t$ 对应的偏移值;

[0063] 估算模块,根据所述偏移值得到偏移系数,进而可获得电池当前健康状态SOH。

[0064] 由于该SOH估算系统解决问题的原理与SOH估算方法类似,因此所述SOH估算系统的实施可以参见方法的实施,在此不再赘述。

[0065] 本发明所提供的SOH估算方法及系统工作量小,测试速度快,可快速获得电池系统当前SOH值,且不影响电池系统正常运行,可实现在线监测,实用性强,具有广泛的应用和发展潜力。

[0066] 需要说明的是,在本申请中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。

[0067] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

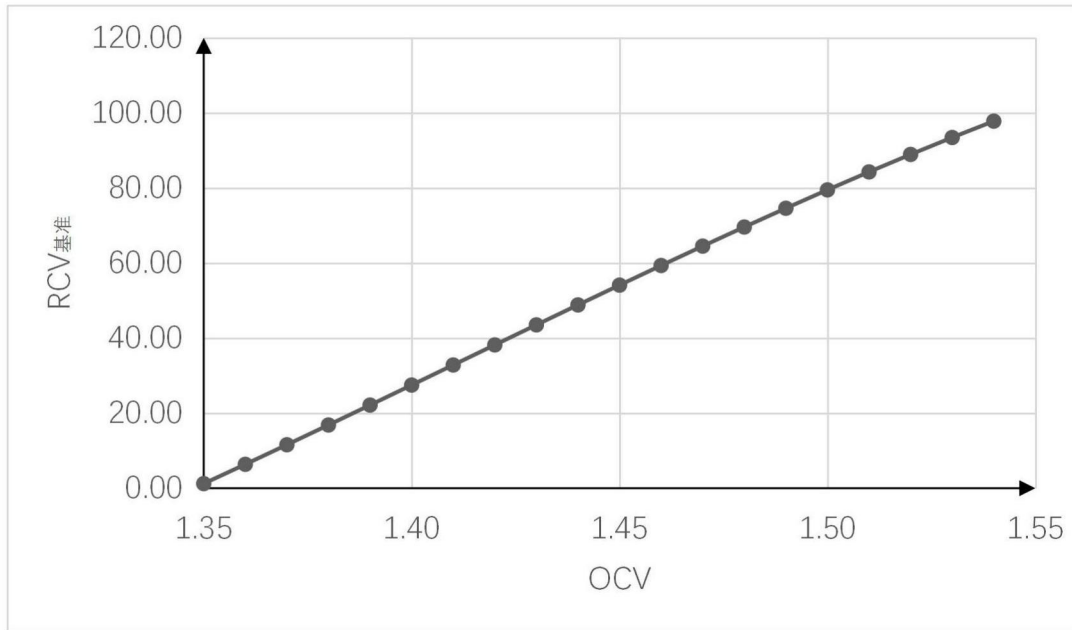


图1

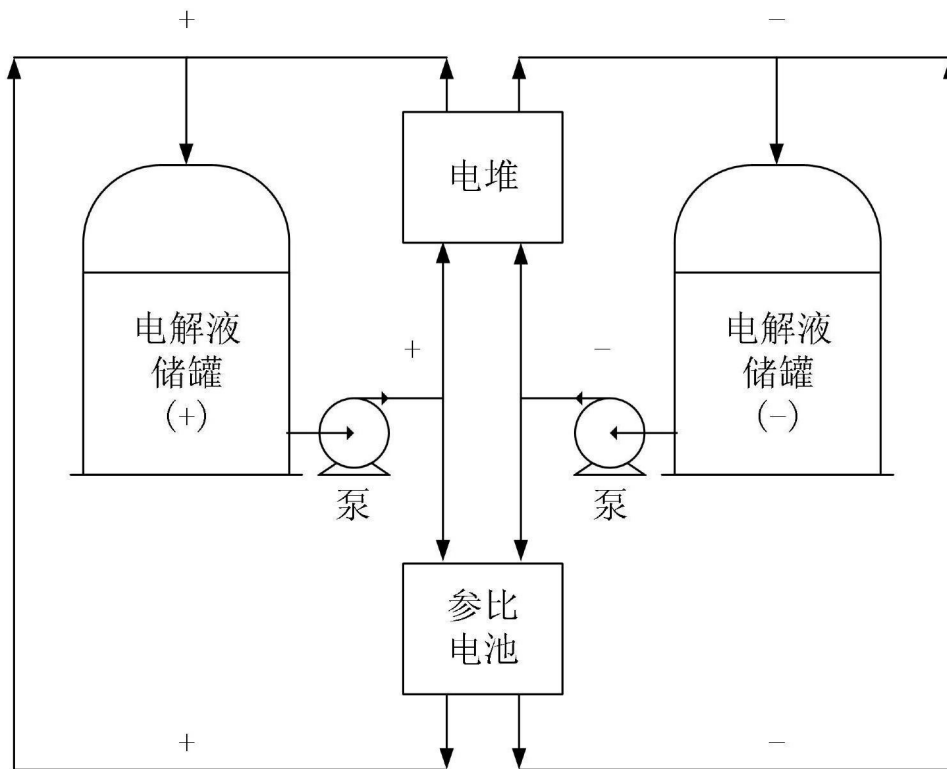


图2

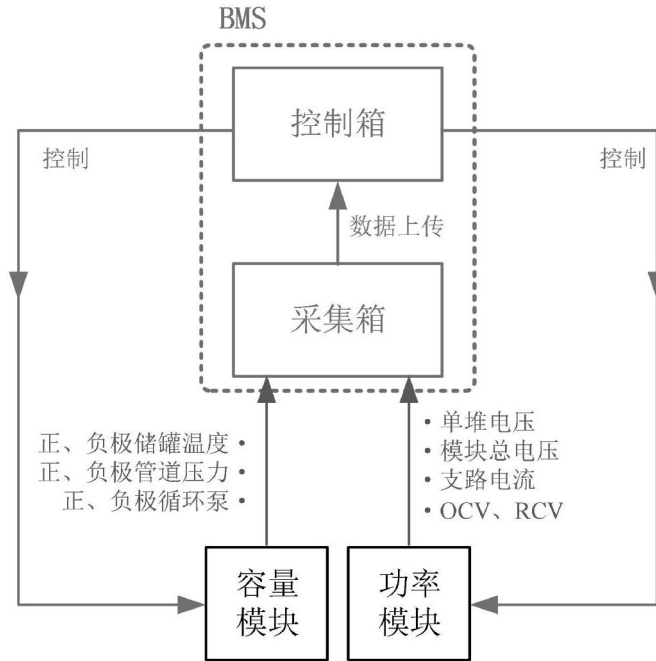


图3

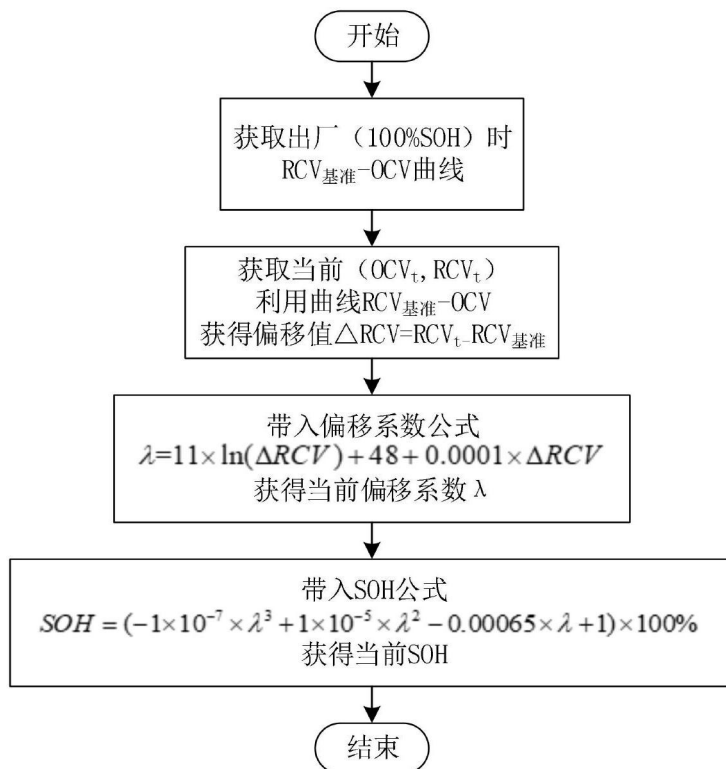


图4