



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117239186 B

(45) 授权公告日 2024.02.06

(21) 申请号 202311492711.0

(22) 申请日 2023.11.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 117239186 A

(43) 申请公布日 2023.12.15

(73) 专利权人 杭州德海艾科能源科技有限公司
地址 311108 浙江省杭州市临平区崇贤街
道塘康路35号1幢102室

(72) 发明人 王宇 熊仁海 王庆丰 鲁昆昆

(74) 专利代理机构 杭州大道知识产权代理有限公司 33525
专利代理师 奚丽萍

(51) Int. Cl.

H01M 8/04537 (2016.01)

H01M 8/04992 (2016.01)

H01M 8/0444 (2016.01)

H01M 8/04313 (2016.01)

G01R 31/392 (2019.01)

G01R 31/389 (2019.01)

G01R 31/3842 (2019.01)

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 21/33 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105702994 A, 2016.06.22

CN 114566683 A, 2022.05.31

CN 108957335 A, 2018.12.07

KR 20190103565 A, 2019.09.05

CN 114094148 A, 2022.02.25

CN 103197257 A, 2013.07.10

CN 112415077 A, 2021.02.26

CN 113820610 A, 2021.12.21

CN 115133082 A, 2022.09.30

CN 116053531 A, 2023.05.02

CN 116184246 A, 2023.05.30

DE 102020123170 A1, 2022.03.10

KR 102246503 B1, 2021.04.30

KR 20230007137 A, 2023.01.12

US 2022082630 A1, 2022.03.17

US 2023236258 A1, 2023.07.27

WO 2022084345 A1, 2022.04.28

(续)

审查员 吴琼

权利要求书3页 说明书7页 附图2页

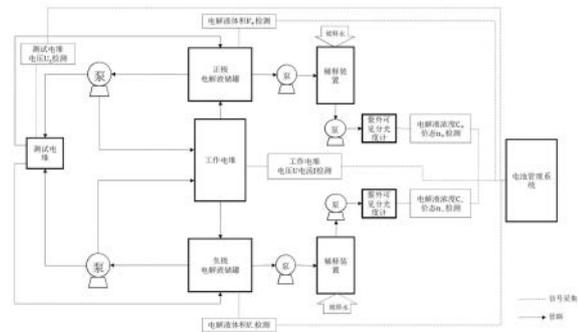
(54) 发明名称

一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置及方法,包括如下步骤:电池管理系统采集数据参数;根据正极电解液的体积、浓度和价态和负极电解液的体积、浓度和价态,计算电解液健康度;根据工作电堆的电芯数量、工作电堆的电压、工作电堆的电流、测试电堆的电压、测试电堆的电芯数量,计算工作电堆内阻;根据工作电堆内阻、工作电堆初始内阻,计算电堆健康度;根据电解液健康度和电堆健康度计算全钒液流系统SOH。本发明可以综合电解液健康

度和电堆健康度计算电池系统SOH,并且适用于实时监测全钒液流电池系统SOH,具有重要的意义。



CN 117239186 B

[接上页]

(56) 对比文件

Thomas Puleston 等.Vanadium redox flow batteries real-time State of Charge and State of Health estimation under electrolyte imbalance condition.Journal

of Energy Storage.2023,第68卷第1-14页.

韩航星 等.全钒液流电池SOC估算方法研究.电源技术.2017,第41卷(第04期),第661-664页.

1. 一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,其特征在于:包括由若干个电芯组成的工作电堆、由若干个电芯组成的测试电堆、正极电解液储罐、负极电解液储罐和电池管理系统;

所述正极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有正极进液管路和正极回液管路,所述正极电解液储罐内的正极电解液经正极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工作电堆/测试电堆经正极回液管路回到正极电解液储罐;

所述负极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有负极进液管路和负极回液管路,所述负极电解液储罐内的负极电解液经负极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工作电堆/测试电堆经负极回液管路回到负极电解液储罐;

所述电池管理系统用于接收工作时的数据参数;所述数据参数包括工作电堆的电压及电流、测试电堆的电压、正极电解液储罐和负极电解液储罐内电解液体积、正极电解液和负极电解液的浓度和价态;采用如下方式实现SOH在线评估:

S1、电池管理系统采集数据参数,包括工作电堆电压、工作电堆电流、测试电堆电压、正极电解液储罐内的电解液体积、负极电解液储罐内的电解液体积、正极电解液的浓度和价态和负极电解液的浓度和价态;

S2、根据正极电解液的体积、浓度和价态和负极电解液的体积、浓度和价态,计算电解液健康度;

电解液健康度计算:

$$SOH_Y = \max[(1-2|n-3.5|), 0] \times 100\%; \quad n = \frac{n_+C_+V_+ + n_-C_-V_-}{C_+V_+ + C_-V_-};$$

S3、根据工作电堆的电芯数量、工作电堆的电压、工作电堆的电流、测试电堆的电压、测试电堆的电芯数量,计算工作电堆内阻;

S4、根据工作电堆内阻、工作电堆初始内阻,计算电堆健康度;

电堆健康度计算:

$$SOH_D = \frac{\max[(R-R_x), 0]}{R-R_0} \times 100\%;$$

S5、根据电解液健康度和电堆健康度计算全钒液流电池系统SOH;

SOH计算:

$$SOH = \max\left[\left(k SOH_Y - \frac{m}{SOH_D}\right), 0\right] \times 100\%;$$

$$k = \frac{13.38V_0C_0}{NQ_{rated}};$$

$$m = \frac{I^2R_0}{U_m Q_{rated}};$$

其中,SOH为电池健康度;SOH_Y为电解液健康度;SOH_D为电堆健康度;k、m为电池SOH系数;V₀为电解液总体积;C₀为电解液初始浓度;U_m为工作电堆的中值电压;n₊为正极电解液价态;C₊为正极电解液浓度;V₊为正极电解液体积;n₋为负极电解液价态;C₋为负极电解液浓度;V₋为负极电解液体积;n为正负极电解液平均价态,R为电堆失效内阻;R_x为工作电堆内阻;N为工作电堆电芯数量;M为测试电堆电芯数量;U为工作电堆电压;U_x为测试电堆电压;I为工作

电堆电流; R_0 为工作电堆初始电阻值。

2.如权利要求1所述的一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,其特征在于,所述工作电堆上设有电压检测装置、电流检测装置,用于检测工作电堆的电压及电流;所述测试电堆上设有电压检测装置,用于检测测试电堆的电压;电压检测装置、电流检测装置与电池管理系统电性连接。

3.如权利要求1所述的一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,其特征在于:所述正极电解液储罐、负极电解液储罐内部设有液位传感器,用于检测正极电解液储罐、负极电解液储罐内的电解液体积,所述液位传感器与电池管理系统电性连接。

4.如权利要求1所述的一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,其特征在于:还包括正极稀释装置、负极稀释装置、紫外-可见分光光度测试装置,

所述正极稀释装置的电解液进液口与正极电解液储罐相连接,所述正极稀释装置的出液口与紫外-可见分光光度测试装置相连接;

所述负极稀释装置的电解液进液口与负极电解液储罐相连接,所述负极稀释装置的出液口与紫外-可见分光光度测试装置相连接;

所述紫外-可见分光光度测试装置用于检测正极电解液和负极电解液的浓度和价态;所述紫外-可见分光光度测试装置与电池管理系统电性连接。

5.一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估方法,其特征在于:所述方法采用如权利要求1~4任一项所述的一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,包括如下步骤:

S1、电池管理系统采集数据参数,包括工作电堆电压、工作电堆电流、测试电堆电压、正极电解液储罐内的电解液体积、负极电解液储罐内的电解液体积、正极电解液的浓度和价态和负极电解液的浓度和价态;

S2、根据正极电解液的体积、浓度和价态和负极电解液的体积、浓度和价态,计算电解液健康度;

电解液健康度计算:

$$SOH_Y = \max[(1 - 2|n - 3.5|), 0] \times 100\%; \quad n = \frac{n_+ C_+ V_+ + n_- C_- V_-}{C_+ V_+ + C_- V_-};$$

S3、根据工作电堆的电芯数量、工作电堆的电压、工作电堆的电流、测试电堆的电压、测试电堆的电芯数量,计算工作电堆内阻;

S4、根据工作电堆内阻、工作电堆初始内阻,计算电堆健康度;

电堆健康度计算:

$$SOH_D = \frac{\max[(R - R_x), 0]}{R - R_0} \times 100\%;$$

S5、根据电解液健康度和电堆健康度计算全钒液流电池系统SOH;

SOH计算:

$$SOH = \max\left[\left(k SOH_Y - \frac{m}{SOH_D}\right), 0\right] \times 100\%;$$

$$k = \frac{13.38V_0C_0}{NQ_{rated}};$$

$$m = \frac{I^2 R_0}{U_m Q_{\text{rated}}};$$

其中,SOH为电池健康度;SOH_y为电解液健康度;SOH_p为电堆健康度;k、m为电池SOH系数;V₀为电解液总体积;C₀为电解液初始浓度;U_m为工作电堆的中值电压;n₊为正极电解液价态;C₊为正极电解液浓度;V₊为正极电解液体积;n₋为负极电解液价态;C₋为负极电解液浓度;V₋为负极电解液体积;n为正负极电解液平均价态,R为电堆失效内阻;R_x为工作电堆内阻;N为工作电堆电芯数量;M为测试电堆电芯数量;U为工作电堆电压;U_x为测试电堆电压;I为工作电堆电流;R₀为工作电堆初始电阻值。

6.如权利要求5所述的一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估方法,其特征在于,正极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的正极电解液通入正极稀释装置,同时加入水对正极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量并计算出正极电解液的浓度和价态;

所述负极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的负极电解液通入负极稀释装置,同时加入水对负极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量并计算出负极电解液的浓度和价态。

一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及全钒液流电池技术领域,特别涉及一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置及方法。

背景技术

[0002] 全钒液流电池是一种适合大规模应用的新型储能技术,具有高安全性、高稳定性、可大功率长时储能等优势。与其他电化学储能技术相类似,全钒液流电池储能系统的SOH(电池健康度)也是重要指标之一。SOH定义为蓄电池当前最大可用容量占标称容量的百分比,即

$$[0003] \quad SOH = \frac{Q_{aged}}{Q_{rated}} \times 100\%$$

[0004] 式中 Q_{rated} ——电池出厂时的额定容量或标称容量;

[0005] Q_{aged} ——投入使用后电池实际的可用容量;

[0006] 电池系统的SOH指标的准确性有利于掌握电池系统的可利用容量。SOH指标的变化可有效反映出液流电池系统电解液平衡状态和电堆内阻变化情况,当SOH指标下降到一定值时,可采取措施,对电池系统进行在线维护,从而保障电池系统安全经济运行。CN116184246A仅通过分别计算正负极电解液的健康度,取其中的最小值作为电池系统的SOH,然而未考虑电堆因素对电池系统SOH的影响。CN113820610A通过对混液后的电解液进行充电,过程中记录二价钒离子和五价钒离子生成时的充电量,进而计算出正负极钒离子的数量差异,并据此计算出电解液的健康度,然而该方法也未能将电堆的状态纳入对电池系统SOH的计算过程中,并且该方法过程较为繁琐,耗时较长,不适用于对电池系统SOH的实时在线监测。因此,开发一种综合电解液健康度和电堆健康度计算电池系统SOH,并且适用于实时监测全钒液流电池系统SOH的方法,具有重要的意义。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置及方法。克服现有技术中无法做到综合电解液健康度和电堆健康度计算电池系统SOH,同时又适用于实时监测全钒液流电池系统SOH。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 本申请公开了一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,包括由若干个电芯组成的工作电堆、由若干个电芯组成的测试电堆、正极电解液储罐、负极电解液储罐和电池管理系统;

[0010] 所述正极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有正极进液管路和正极回液管路,所述正极电解液储罐内的正极电解液经正极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工作电堆/测试电堆经正极回液管路回到正极电解液储罐;

[0011] 所述负极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有负极进液管路和负极回液管路,所述负极电解液储罐内的负极电解液经负极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工

作电堆/测试电堆经负极回液管路回到负极电解液储罐；

[0012] 所述电池管理系统用于接收工作时的数据参数；所述数据参数包括工作电堆的电压及电流、测试电堆的开路电压、正极电解液储罐和负极电解液储罐内电解液体积、正极电解液和负极电解液的浓度和价态。

[0013] 作为优选,所述工作电堆上设有电压检测装置、电流检测装置,用于检测工作电堆的电压及电流;所述测试电堆上设有电压检测装置,用于检测测试电堆的开路电压;电压检测装置、电流检测装置与电池管理系统电性连接。

[0014] 作为优选,所述正极电解液储罐、负极电解液储罐内部设有液位传感器,用于检测正极电解液储罐、负极电解液储罐内的电解液体积,所述液位传感器与电池管理系统电性连接。

[0015] 作为优选,还包括正极稀释装置、负极稀释装置、紫外-可见分光光度测试装置,

[0016] 所述正极稀释装置的电解液进液口与正极电解液储罐相连接,所述正极稀释装置

[0017] 所述负极稀释装置的电解液进液口与负极电解液储罐相连接,所述负极稀释装置

[0018] 所述紫外-可见分光光度测试装置用于检测正极电解液和负极电解液的浓度和价态;所述紫外-可见分光光度测试装置与电池管理系统电性连接。

[0019] 本申请一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估方法,包括如下步骤:

[0020] S1、电池管理系统采集数据参数,包括工作电堆电压、工作电堆电流、测试电堆电压、正极电解液储罐内的电解液体积、负极电解液储罐内的电解液体积、正极电解液的浓度和价态和负极电解液的浓度和价态;

[0021] S2、根据正极电解液的体积、浓度和价态与负极电解液的体积、浓度和价态,计算电解液健康度;

[0022] S3、根据工作电堆的电芯数量、工作电堆的电压、工作电堆的电流、测试电堆的开路电压、测试电堆的电芯数量,计算工作电堆内阻;

[0023] S4、根据工作电堆内阻、工作电堆初始内阻,计算电堆健康度;

[0024] S5、根据电解液健康度和电堆健康度计算全钒液流系统SOH。

[0025] 作为优选,正极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的正极电解液通入正极稀释装置,同时加入水对正极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量溶液吸光度并根据溶液吸光度计算出正极电解液的浓度和价态;

[0026] 所述负极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的负极电解液通入负极稀释装置,同时加入水对负极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量溶液吸光度并根据溶液吸光度计算出负极电解液的浓度和价态。

[0027] 本发明的有益效果:

[0028] 1.本发明可通过实时测量测试电堆开路电压、工作电堆电压及电流,在线计算工作电堆内阻用于评估电堆健康度。

[0029] 2.本发明可通过实时测量正负极电解液体积、浓度及平均价态,评估电解液健康度。

[0030] 3.本发明可通过监测电解液健康度和电堆健康度实时综合评估电站的整体健康

度,效率高且更准确。

[0031] 本发明的特征及优点将通过实施例结合附图进行详细说明。

附图说明

[0032] 图1是本发明一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置的结构示意图。

[0033] 图2是本发明一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估方法的流程示意图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明了,下面通过附图及实施例,对本发明进一步详细说明。但是应该理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限制本发明的范围。此外,在以下说明中,省略了对公式结构和技术的描述,以避免混淆本发明的概念。

[0035] 参阅图1,本发明实施例提供一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估装置,包括由若干个电芯组成的工作电堆、由若干个电芯组成的测试电堆、正极电解液储罐、负极电解液储罐和电池管理系统;

[0036] 所述正极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有正极进液管路和正极回液管路,所述正极电解液储罐内的正极电解液经正极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工作电堆/测试电堆经正极回液管路回到正极电解液储罐;

[0037] 所述负极电解液储罐与工作电堆/测试电堆之间设有负极进液管路和负极回液管路,所述负极电解液储罐内的负极电解液经负极进液管路进入工作电堆/测试电堆,再由工作电堆/测试电堆经负极回液管路回到负极电解液储罐;

[0038] 所述电池管理系统用于接收工作时的数据参数;所述数据参数包括工作电堆的电压及电流、测试电堆的开路电压、正极电解液储罐和负极电解液储罐内电解液体积、正极电解液和负极电解液的浓度和价态。

[0039] 在一种可行的实施例中,所述工作电堆上设有电压检测装置、电流检测装置,用于检测工作电堆的电压及电流;所述测试电堆上设有电压检测装置,用于检测测试电堆的开路电压;电压检测装置、电流检测装置与电池管理系统电性连接。

[0040] 在一种可行的实施例中,所述正极电解液储罐、负极电解液储罐内部设有液位传感器,用于检测正极电解液储罐、负极电解液储罐内的电解液体积,所述液位传感器与电池管理系统电性连接。

[0041] 在一种可行的实施例中,还包括正极稀释装置、负极稀释装置、紫外-可见分光光度测试装置,

[0042] 所述正极稀释装置的电解液进液口与正极电解液储罐相连接,所述正极稀释装置的出液口与紫外-可见分光光度测试装置相连接;

[0043] 所述负极稀释装置的电解液进液口与负极电解液储罐相连接,所述负极稀释装置的出液口与紫外-可见分光光度测试装置相连接;

[0044] 所述紫外-可见分光光度测试装置用于检测正极电解液和负极电解液的浓度和价态;所述紫外-可见分光光度测试装置与电池管理系统电性连接。

[0045] 参阅图2,一种用于全钒液流电池系统SOH在线评估方法,包括如下步骤:

[0046] S1、电池管理系统采集数据参数,包括工作电堆电压、工作电堆电流、测试电堆开路电压、正极电解液储罐内的电解液体积、负极电解液储罐内的电解液体积、正极电解液的浓度和价态和负极电解液的浓度和价态;

[0047] S2、根据正极电解液的体积、浓度和价态与负极电解液的体积、浓度和价态,计算电解液健康度;

[0048] S3、根据工作电堆的电芯数量、工作电堆的电压、工作电堆的电流、测试电堆的开路电压、测试电堆电芯数量,计算工作电堆内阻;

[0049] S4、根据工作电堆内阻、工作电堆初始电阻,计算电堆健康度;

[0050] S5、根据电解液健康度和电堆健康度计算全钒液流系统SOH。

[0051] 正极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的正极电解液通入正极稀释装置,同时加入水对正极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量溶液的吸光度并根据溶液的吸光度计算出正极电解液的浓度和价态;

[0052] 负极电解液的浓度和价态通过如下方式获取:将定量的负极电解液通入负极稀释装置,同时加入水对负极电解液进行稀释,再将稀释后的溶液通入紫外-可见分光光度测试装置,测量溶液的吸光度并根据溶液的吸光度计算出负极电解液的浓度和价态。

[0053] 更具体的为:全钒液流运行时,通过泵将正极、负极电解液泵入N个电芯组成工作电堆以及M个单芯组成的用于测试工作电堆开路电压的测试电堆,初始电解液总体积为 V_0 ,浓度为 C_0 ,标称电量为 Q_{rated} ,工作电堆初始内阻为 R_0 ,工作电堆中值电压为 U_m 。当正负极电解液进入电堆后进行充放电,工作电堆电压为 U ,工作电堆电流为 I ,同时测试电堆开路电压为 U_x ;

[0054] 在正极、负极的电解液桶内安装液位传感器,测得正极电解液储罐内正极电解液体积 V_+ ,负极电解液储罐内负极电解液体积 V_- ;

[0055] 通过正极计量泵将定量的正极电解液泵入正极稀释装置,同时加入稀释水,将电解液稀释10倍,然后将稀释后的溶液通过泵,泵入紫外-可见分光光度测试装置,测量并计算出正极电解液的浓度 C_+ 和价态 n_+ ;负极也按正极使用的方法测得负极电解液的浓度 C_- 和价态 n_- ;

[0056] 电池管理系统采集电堆开路电压 U_x ;工作电堆电压 U ;工作电堆电流 I ;正极电解液储罐内正极电解液体积 V_+ ,负极电解液储罐内负极电解液体积 V_- ;正极电解液的浓度 C_+ 、价态 n_+ ;负极电解液的浓度 C_- ;价态 n_- ;

[0057] 通过下述公式计算评估全钒液流系统SOH。

[0058] SOH计算:

$$[0059] \quad SOH = \max\left[\left(k SOH_Y - \frac{m}{SOH_D}\right), 0\right] \times 100\% ;$$

$$[0060] \quad k = \frac{13.38V_0 C_0}{NQ_{rated}} ;$$

$$[0061] \quad m = \frac{I^2 R_0}{U_m Q_{rated}} \text{ 电解液健康度计算:}$$

$$[0062] \quad SOH_Y = \max[(1 - 2|n - 3.5|), 0] \times 100\% ;$$

$$[0063] \quad n = \frac{n_+ C_+ V_+ + n_- C_- V_-}{C_+ V_+ + C_- V_-} ;$$

[0064] 电堆健康度计算:

$$[0065] \quad \text{SOH}_D = \frac{\max[(R - R_x), 0]}{R - R_0} \times 100\% ;$$

[0066] 电堆失效内阻R测量:

[0067] 将一个电阻值可变的等效电阻器与新电堆串联,且电解液换新,通过调节等效电阻器电阻值,使容量保持率为80%,此时等效电阻器电阻值为 R_1 ,那么电堆失效内阻R的计算为:

$$[0068] \quad R = R_0 + R_1 ;$$

[0069] 电堆内阻计算:

$$[0070] \quad R_x = \frac{|NU_x - MU|}{I}$$

[0071] 式中:SOH为电池健康度;SOH_Y为电解液健康度;SOH_D为电堆健康度;k、m为电池SOH系数;V₀为电解液总体积;C₀为电解液初始浓度;U_m为工作电堆的中值电压;n₊为正极电解液价态;C₊为正极电解液浓度;V₊为正极电解液体积;n₋为负极电解液价态;C₋为负极电解液浓度;V₋为负极电解液体积;n为正负极电解液平均价态,R为电堆失效内阻;R_x为工作电堆内阻;N为工作电堆电芯数量;M为测试电堆电芯数量;U为工作电堆电压;U_x为测试电堆电压;I为工作电堆电流;R₀为工作电堆初始电阻值。

[0072] 实施例1

[0073] 全钒液流电池系统运行时,通过泵将正极、负极电解液泵入150个电芯组成工作电堆以及3个单芯组成的用于测试工作电堆开路电压的测试电堆,初始电解液总体积为500L,浓度为1.6mol/L,标称电量为59Ah,工作电堆初始内阻为85mΩ,工作电堆中值电压为195V。当正负极电解液进入电堆后进行充放电循环,工作电堆电流为170A,循环100周。

[0074] 在正极、负极的电解液桶内安装液位传感器,测得正极电解液储罐内正极电解液体积253L,负极电解液储罐内负极电解液体积247L。

[0075] 通过正极计量泵将定量的正极电解液泵入正极稀释装置,同时加入稀释水,将电解液稀释10倍,然后将稀释后的溶液通过泵,泵入紫外-可见分光光度测试装置,测量并计算出正极电解液的浓度1.62mol/L和价态4.08;负极也按正极使用的方法测得负极电解液的浓度1.58mol/L和价态2.90。

[0076] 电池管理系统采集电堆开路电压U_x;工作电堆电压U;工作电堆电流I;正极电解液储罐内正极电解液体积V₊,负极电解液储罐内负极电解液体积V₋;正极电解液的浓度C₊、价态n₊;负极电解液的浓度C₋;价态n₋。

$$[0077] \quad n = \frac{n_+ C_+ V_+ + n_- C_- V_-}{C_+ V_+ + C_- V_-} = 3.505 ;$$

$$[0078] \quad \text{SOH}_Y = \max[(1 - 2|n - 3.5|), 0] \times 100\% = 99\% ;$$

[0079] 将一个电阻值可变的等效电阻器与新电堆串联,且电解液换新,通过调节等效电阻器电阻值,使容量保持率为80%,此时等效电阻器电阻值为340mΩ,那么

$$[0080] \quad R = R_0 + R_1 = 425\text{m}\Omega ;$$

$$[0081] \quad R_x = \frac{|NU_x - MU|}{I} = 87\text{m}\Omega ;$$

$$[0082] \quad \text{SOH}_D = \frac{\max[(R - R_x), 0]}{R - R_0} \times 100\% = 99.41\% ;$$

$$[0083] \quad k = \frac{13.38V_0 C_0}{NQ_{\text{rated}}} = 1.21 ;$$

$$[0084] \quad m = \frac{I^2 R_0}{U_m Q_{\text{rated}}} = 0.21 ;$$

$$[0085] \quad \text{SOH} = \max \left[\left(k \text{SOH}_Y - \frac{m}{\text{SOH}_D} \right), 0 \right] \times 100\% = 98.67\% ;$$

[0086] 经过计算,该全钒液流电池系统的SOH为98.67%,此时采用该方法计算理论可放电量为58.22Ah,同时采集该循环下的实测放电量为57.51Ah,误差为1.23%。

[0087] 实施例2

[0088] 全钒液流电池系统运行时,通过泵将正极、负极电解液泵入150个电芯组成工作电堆以及3个单芯组成的用于测试工作电堆开路电压的测试电堆,初始电解液总体积为500L,浓度为1.6mol/L,标称电量为59Ah,工作电堆初始内阻为85mΩ,工作电堆中值电压为195V。当正负极电解液进入电堆后进行充放电循环,工作电堆电流为170A,循环2000周。

[0089] 在正极、负极的电解液桶内安装液位传感器,测得正极电解液储罐内正极电解液体积265L,负极电解液储罐内负极电解液体积235L。

[0090] 通过正极计量泵将定量的正极电解液泵入正极稀释装置,同时加入稀释水,将电解液稀释10倍,然后将稀释后的溶液通过泵,泵入紫外-可见分光光度测试装置,测量并计算出正极电解液的浓度1.68mol/L和价态4.16;负极也按正极使用的方法测得负极电解液的浓度1.51mol/L和价态2.85。

[0091] 电池管理系统采集电堆开路电压 U_x ;工作电堆电压 U ;工作电堆电流 I ;正极电解液储罐内正极电解液体积 V_+ ,负极电解液储罐内负极电解液体积 V_- ;正极电解液的浓度 C_+ 、价态 n_+ ;负极电解液的浓度 C_- ;价态 n_- 。

$$[0092] \quad n = \frac{n_+ C_+ V_+ + n_- C_- V_-}{C_+ V_+ + C_- V_-} = 3.579 ;$$

$$[0093] \quad \text{SOH}_Y = \max[(1 - 2|n - 3.5|), 0] \times 100\% = 84.20\% ;$$

[0094] 将一个电阻值可变的等效电阻器与新电堆串联,且电解液换新,通过调节等效电阻器电阻值,使容量保持率为80%,此时等效电阻器电阻值为340mΩ,那么

$$[0095] \quad R = R_0 + R_1 = 425\text{m}\Omega ;$$

$$[0096] \quad R_x = \frac{|NU_x - MU|}{I} = 117\text{m}\Omega ;$$

$$[0097] \quad \text{SOH}_D = \frac{\max[(R - R_x), 0]}{R - R_0} \times 100\% = 90.59\% ;$$

$$[0098] \quad k = \frac{13.38V_0 C_0}{NQ_{\text{rated}}} = 1.21 ;$$

$$[0099] \quad m = \frac{I^2 R_0}{U_m Q_{\text{rated}}} = 0.21 ;$$

$$[0100] \quad \text{SOH} = \max \left[\left(k \text{SOH}_Y - \frac{m}{\text{SOH}_D} \right), 0 \right] \times 100\% = 78.7\% ;$$

[0101] 经过计算,该全钒液流电池系统的SOH为78.7%,此时采用该方法计算理论可放电量为46.43Ah,同时采集该循环下的实测放电量为46.87Ah,误差为0.94%。

[0102] 通过实施例1-2可以看出,本发明通过实时测量测试电堆开路电压、工作电堆电压及电流,在线计算工作电堆内阻用于评估电堆健康度;通过实时测量正负极电解液体积、浓

度及平均价态,评估电解液健康度。同时,采用本发明方法所计算出SOH估算的理论放电电量与电堆实测值之间误差较小,说明SOH具有较高的准确性。主要是由于本发明方法将电解液和电堆这两个影响电池SOH的因素综合纳入计算过程中,提升了估算的准确性。综上,本发明可通过监测电解液健康度和电堆健康度实时综合评估电站的整体健康度,效率高且更准确。

[0103] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换或改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

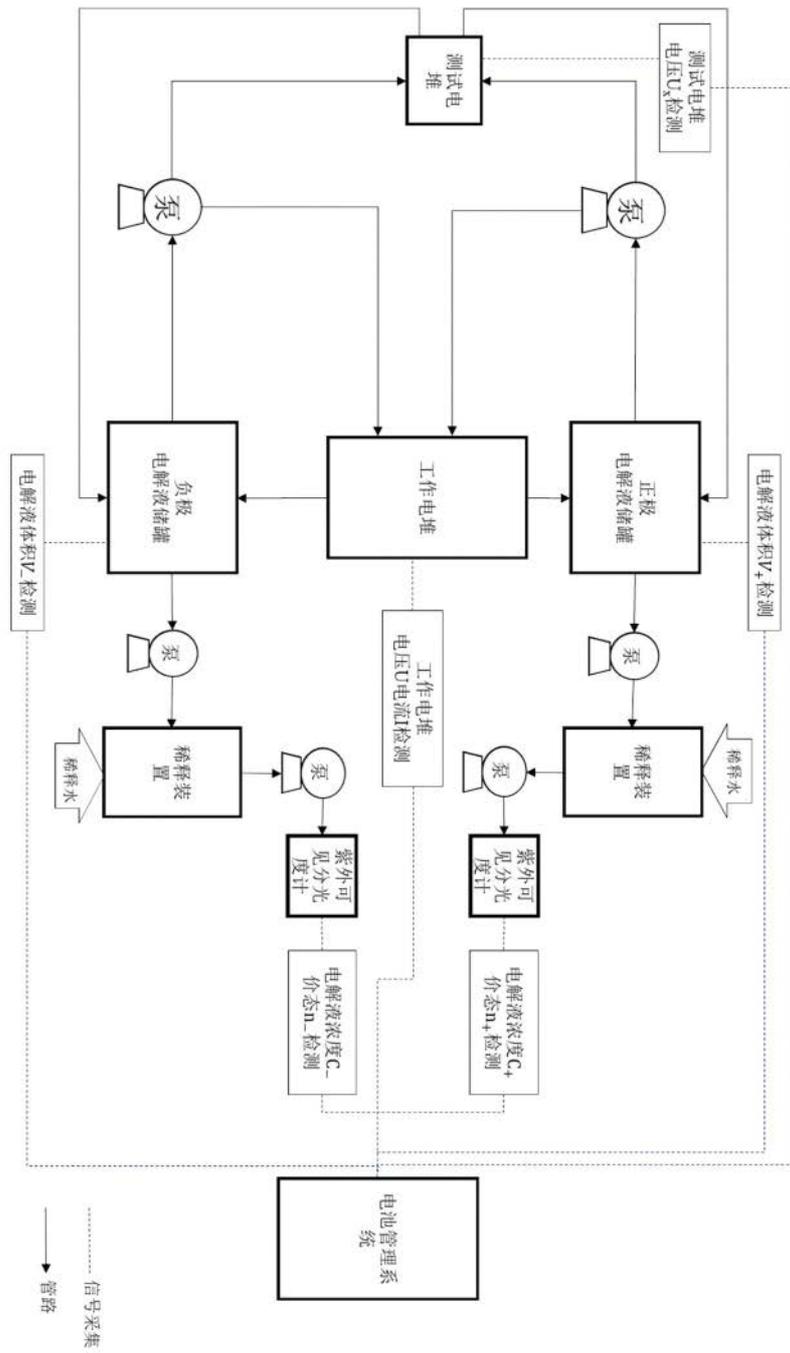


图 1

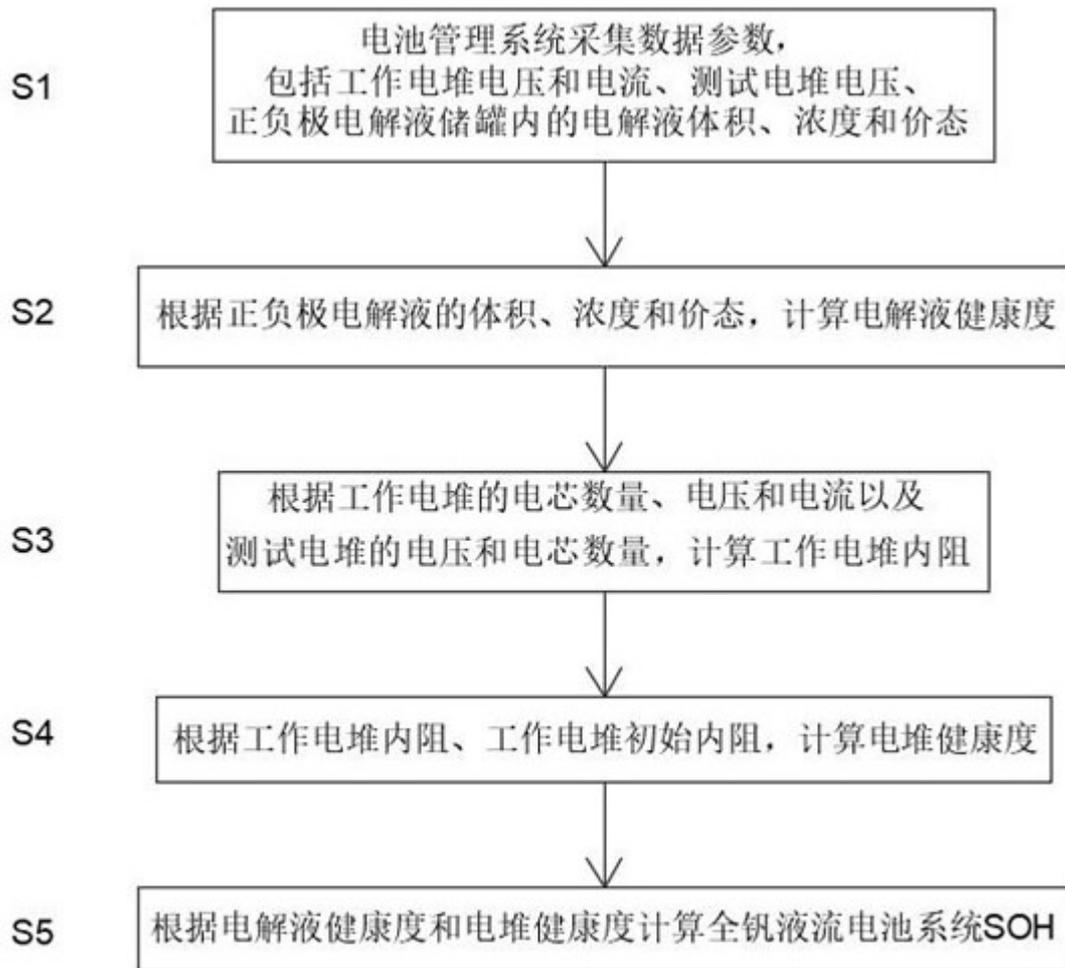


图2