

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 31/36 (2006.01)
G01R 19/165 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910130714.3

[43] 公开日 2009年8月26日

[11] 公开号 CN 101515024A

[22] 申请日 2009.2.6

[21] 申请号 200910130714.3

[30] 优先权

[32] 2008.2.6 [33] US [31] 12/027070

[71] 申请人 通用汽车环球科技运作公司

地址 美国密执安州

[72] 发明人 S·加纳帕蒂 J·P·萨尔瓦多

F·X·莱奥 B·拉克什马南

B·麦克默罗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张雪梅 蒋骏

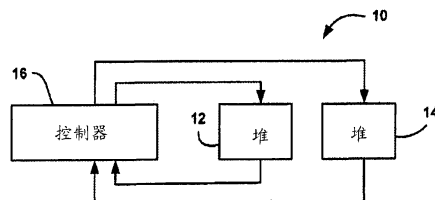
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

[54] 发明名称

燃料电池系统中低性能电池的在线预测和检测

[57] 摘要

本发明涉及燃料电池系统中低性能电池的在线预测和检测。一种用于检测和预测燃料电池堆中低性能电池的系统和方法。当燃料电池堆正在运行并且已经符合某些数据有效性准则时，算法收集数据，例如堆电流密度、平均电池电压以及最小电池电压。该信息用来估计定义堆极化曲线的预定参数。该系统定义用来识别低性能电池的预定最小电流密度。然后该系统计算在最小电流密度设定点的平均电池电压以及最小电池电压，并且计算两者间的电池电压差。如果电池电压差大于预定低电压阈值并且最小电池电压低于预定高电压阈值，该算法设定识别低性能电池的可能性的标记。



- 1、一种用于预测燃料电池堆中低性能电池的方法，所述方法包括：
使用系统参数来估计该燃料电池堆的用于平均电池电压和最小电池电压的极化曲线；
确定低性能电池电流密度设定点；
计算该电流密度设定点处的平均电池电压；
计算该电流密度设定点处的最小电池电压；
确定该平均电池电压和该最小电池电压之间的电压差；以及
确定该电压差高于第一预定电压阈值以及该最小电池电压低于第二预定电压阈值中的一个还是两个，以确定该燃料电池堆是否包括低性能电池。
- 2、根据权利要求1的方法，其中低性能电池电流密度设定点是大约 $0.9\text{A}/\text{cm}^2$ 。
- 3、根据权利要求1的方法，其中第一预定电压阈值低于第二预定阈值。
- 4、根据权利要求3的方法，其中第一预定电压阈值是大约 150mV 并且第二预定电压阈值是大约 400mV 。
- 5、根据权利要求1的方法，其中所述系统参数包括堆电流密度、平均电池电压以及最小电池电压。
- 6、根据权利要求1的方法，还包括随时间分析低性能电池的确定，以确定是否应该维修该燃料电池堆。
- 7、根据权利要求6的方法，其中分析低性能电池的确定包括确定低性能电池是否变得更差。
- 8、根据权利要求1的方法，其中估计燃料电池堆的极化曲线包括在堆关闭时估计燃料电池堆的极化曲线。
- 9、根据权利要求1的方法，其中燃料电池堆是分离的堆。
- 10、一种用于预测燃料电池堆中低性能电池的方法，所述方法包括：
确定低性能电池电流密度设定点；
计算该电流密度设定点处的平均电池电压；
计算该电流密度设定点处的最小电池电压；
确定该平均电池电压和最小电池电压之间的电压差；以及

确定该电压差是否高于第一预定电压阈值以确定该燃料电池堆是否包括低性能电池。

11、根据权利要求 10 的方法，还包括确定该最小电池电压是否低于第二预定电压阈值以确定该燃料电池堆是否包括低性能电池，其中第一预定电压阈值低于第二预定电压阈值。

12、根据权利要求 11 的方法，其中第一预定电压阈值是大约 150mV 并且第二预定电压阈值是大约 400mV。

13、根据权利要求 10 的方法，其中低性能电池电流密度设定点是大约 $0.9\text{A}/\text{cm}^2$ 。

14、根据权利要求 10 的方法，还包括随时间分析低性能电池的确定，以确定是否应该维修该燃料电池堆。

15、一种用于预测燃料电池堆中低性能电池的系统，所述系统包括：

用于使用系统参数来估计该燃料电池堆的用于平均电池电压和最小电池电压的极化曲线的装置；

用于确定低性能电池电流密度设定点的装置；

用于计算该电流密度设定点处的平均电池电压的装置；

用于计算该电流密度设定点处的最小电池电压的装置；

用于确定该平均电池电压和最小电池电压之间的电压差的装置；以及

用于确定该电压差是否高于第一预定电压阈值以及该最小电池电压是否低于第二预定电压阈值中的一个或两个以确定该燃料电池堆是否包括低性能电池的装置。

16、根据权利要求 15 的系统，其中低性能电流密度设定点是大约 $0.9\text{A}/\text{cm}^2$ 。

17、根据权利要求 15 的系统，其中第一预定电压阈值低于第二预定电压阈值。

18、根据权利要求 17 的系统，其中第一预定电压阈值是大约 150mV 并且第二预定电压阈值是大约 400mV。

19、根据权利要求 15 的系统，还包括随时间分析低性能电池的确定以确定是否应该维修燃料电池堆的装置。

20、根据权利要求 15 的系统，其中燃料电池堆是分离的堆。

燃料电池系统中低性能电池的在线预测和检测

技术领域

本申请通常涉及一种用于检测燃料电池堆中低性能电池（low performing cell）的系统和方法，更具体地，涉及一种为了预防性的维护目的在低性能电池变成电池堆性能问题之前，检测燃料电池堆中的低性能电池的系统和方法。

背景技术

氢是一种很有吸引力的燃料，因为其清洁并且在燃料电池中能用来有效地产生电。氢燃料电池是一种包括阴极和阳极以及位于两者之间的电解质的电化学装置。阳极接收氢气并且阴极接收氧气或空气。氢气在阳极被离解以产生自由的氢质子和电子。氢质子穿过电解质到达阴极。氢质子与氧以及电子在阴极反应产生水。来自阳极的电子不能穿过电解质，因此电子在被送到阴极之前被引导通过负载而做功。

质子交换膜燃料电池（PEMFC）是常用的车用燃料电池。质子交换膜燃料电池一般包括固体聚合物电解质质子传导膜，例如全氟磺酸膜。阳极和阴极通常包括精细分开的催化微粒，一般是铂（Pt），该催化微粒被载持在碳微粒上并与离聚物相混合。催化混合物沉积在该膜的相对两侧上。阳极催化混合物、阴极催化混合物以及膜的组合定义了膜电极组件（MEA）。膜电极组件造价相对昂贵并且需要某些条件才能有效工作。

几个燃料电池通常组合在燃料电池堆中来产生所需的功率。燃料电池堆接收阴极输入气体，通常是使用压缩机强迫通过电池堆的空气流。并非所有的氧气都被电池堆消耗掉，并且一些空气作为阴极废气排出，所述阴极废气可能包括水作为电池堆副产物。燃料电池堆还接收流入电池堆的阳极侧的阳极氢气输入气体。

堆控制器需要知道燃料电池堆的电流/电压关系（称为极化曲线）来提供来自电池堆的功率的合理分配并且向电池堆提供反应物。该电池堆的电压和电流之间的关系通常难以定义，因为它非线性，并且依据许多变量而变化，包括堆温度，堆分压以及阴极和阳极化学计量（stoichiometry）。另外堆电压和电

流之间的关系随着电池堆随时间退化而发生改变。特别地，与新的非退化的电池堆相比，较老的电池堆将具有较低的电池电压，并将需要提供更多的电流来满足功率需求。

幸运的是，一旦高于某个温度，许多燃料电池系统趋向于在给定的电流密度下具有可重复的操作条件。在这种情况下，电压可以近似地描述为堆电流密度以及使用年限（age）的函数。

发明内容

根据本发明的教导，公开了一种用于检测和预测燃料电池堆中的低性能电池的系统和方法。当燃料电池堆正在运行并且已经符合某些数据有效性准则，算法收集数据，例如堆电流密度，平均电池电压以及最小电池电压。该信息用来估计定义堆极化曲线的预定参数。该系统定义用于识别低性能电池的预定最小电流密度。然后该系统计算在最小电流密度设定点的最小电池电压以及平均电池电压，并且计算这两者间的电池电压差。如果该电池电压差大于预定的低电压阈值并且最小电池电压低于预定的高电压阈值，该算法设置识别低性能电池的可能性（potential）的标记。

根据下文结合相应附图的描述以及随附的权利要求书，本发明的其他特征将变得显而易见。

附图说明

图 1 是包括分离的堆和控制器的燃料电池系统的框图；

图 2 是示出电池堆中平均电池和最小电池的燃料电池堆极化曲线的曲线图，其中水平轴代表堆电流密度并且垂直轴代表堆电压；以及

图 3 是示出根据本发明实施例的用于识别电池堆中低性能电池的可能性的算法过程的流程图。

具体实施方式

本发明实施例的以下讨论针对一种用于检测燃料电池堆中潜在的低性能电池的系统和方法，该讨论实质上仅仅是示例性的，并且决不打算限制本发明或其应用或用途。

燃料电池系统的许多控制参数需要知道燃料电池堆的极化曲线，例如知道从该燃料电池堆可得到的最大电压电势以及电流汲取（current draw）。如上所述，当电池堆老化时，作为堆退化的结果，堆极化曲线也发生改变。于 2007 年 1 月

31日提交的、题为“Algorithm for Online Adaptive Polarization Curve Estimation of a Fuel Cell Stack”的美国专利申请序列号11/669,898公开了一种在燃料电池系统工作时在线计算燃料电池堆的极化曲线的算法，该专利申请被转让给本申请的受让人并且在此引入以供参考。‘898申请的算法根据电池堆工作时收集的数据估计两个或更多个堆参数，并且用这些参数计算极化曲线。当燃料电池堆正在运行，并且已经符合某些数据有效性准则时，该算法进入良好收集模式，在该模式下其收集堆数据，例如堆电流密度，平均电池电压以及最小电池电压。当电池堆关闭时，该算法采用电池电压模型来求解非线性最小二乘问题以估计定义极化曲线的预定参数。如果估计的参数满足某些终止(termination)准则，则这些估计的参数被存储以供系统控制器用于计算用于未来堆运行的堆极化曲线。

图1是包括第一分离(split)堆12、第二分离堆14以及控制器16的燃料电池系统10的框图。控制器16接收来自分离堆12和14的信息，并且控制器16控制分离堆12和14。控制器16使用该信息实时计算堆12和14的极化曲线，并且识别潜在的低性能电池。

图2是示出燃料电池堆12或14中平均电池的极化曲线20以及电池堆12或14中最小电池的极化曲线22的曲线图，其中水平轴代表电流密度并且垂直轴代表电压。基于堆测试、分析以及评估定义低性能电池电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} ，其可被用于识别堆12或14中低性能电池的可能性。电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} 和极化曲线20在点24处相交的位置识别对于电池密度设定点 j_{sp}^{LPC} 的平均电池电压 CV^{Avg} 并且电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} 和极化曲线22在点26处相交的位置识别对于电池密度设定点 j_{sp}^{LPC} 的最小电池电压 CV^{min} 。

如下文详细论述的，本发明提出一种过程和相关算法，其用于识别或检测燃料电池堆12或14任一个中的低性能电池的可能性，以便预测低性能电池何时可能表现出使得有必要对燃料电池系统10进行维修的显著性能问题。特别地，该算法识别燃料电池堆12或14中随时间变得更差的潜在的低性能电池。

图3是示出根据本发明实施例的识别低性能电池的算法的过程的流程图30。在框32，该算法通常在燃料电池系统关闭时取回(retrieve)系统参数，例如堆电流密度，平均电池电压以及最小电池电压，这些参数可以被用于例如通过‘898申请中公开的过程来估计堆12或14的极化曲线。在框34，该算法使

用系统参数估计堆 12 和 14 中的平均电池和最小电池的极化曲线。在框 36, 该算法定义用于识别堆 12 或 14 中任一燃料电池是否是低性能的电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} 。在一个非限制性实施例中, 电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} 被选择为大约 $0.9A/cm^2$, 但是, 在范围 $0.6-15A/cm^2$ 内的任何合适的电流密度都可采用。在框 38, 该算法计算在电流密度设定点 j_{sp}^{LPC} 处的平均电池电压 CV^{Avg} 以及最小电池电压 CV^{min} 。

然后在框 40 该算法为燃料电池堆 12 和 14 两者确定平均电池电压 CV^{Avg} 和最小电池电压 CV^{min} 之间的 δ 电压差。然后, 在判定菱形 42, 该算法确定该 δ 电压差是否高于预定的低电压阈值并且最小电池电压是否低于预定的高电压阈值。在一个非限制性实施例中, 该预定的低电压阈值是大约 $150mV$ 并且该高电压阈值是大约 $400mV$, 但是, 在范围 $0-9mV$ 内的任何合适的电压均可被采用。如果在判定菱形 42 处这两个条件不是都满足, 那么该算法将返回框 32 以通常在下一次系统关闭时取回系统参数来更新极化曲线。如果在判定菱形 42 处, δ 电压差高于预定的低电压阈值并且最小电池电压低于预定的高电压阈值, 那么, 在框 44, 该算法设置低性能电池标记, 表明在该算法当前正在分析的这两个堆 12 或 14 的任一个中可能存在低性能电池。

在已经基于某个分析方案存储了预定数目的低性能电池标记之后, 该算法可以提供有必要进行维修使得低性能电池不会变得太低而对燃料电池堆造成损坏的指示。

本发明对确定低性能电池提供了若干优势。例如, 仅需要高达 $0.6A/cm^2$ 的数据来在 $0.9A/cm^2$ 预测低性能电池。另外, 可以提供寿命末期堆功率和低性能堆功率之间的简单在线区分, 以便允许维修中心更换电池而不是整个电池堆。另外, 该过程提供了一种即使在较差的极化曲线估计期间确定低性能电池的鲁棒方法, 因为其依赖于平均电池电压估计和最小电池电压估计两者。特别地, 如果极化曲线较差, 那么平均电池电压估计和最小电池电压估计两者将沿同一方向发生偏移。并且, 不需数据后加工就能确定存在低性能电池状况, 因为仅需要后加工来确定电池位置, 并且容易编写简单的监控算法来输出最小电池上的最高发位置。另外, 该过程避免了运行时间动态监控低性能电池并且避免了在上瞬变 (up-transients) 期间由于例如缺少空气等其他控制问题而产生的错误的低性能电池检测。

前面的论述仅公开并记述了本发明的示例性实施例。本领域技术人员将容

易根据这些论述和附图以及权利要求书认识到，在不脱离如随附权利要求书所限定的本发明的精神和范围的情况下，可以做出各种改变，修改以及变型。

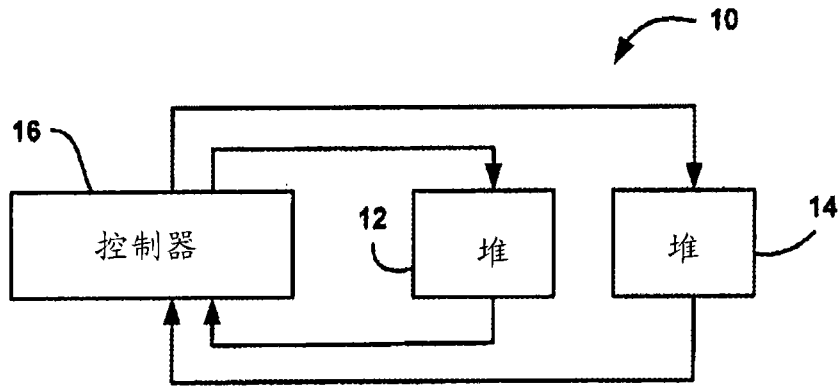


图 1

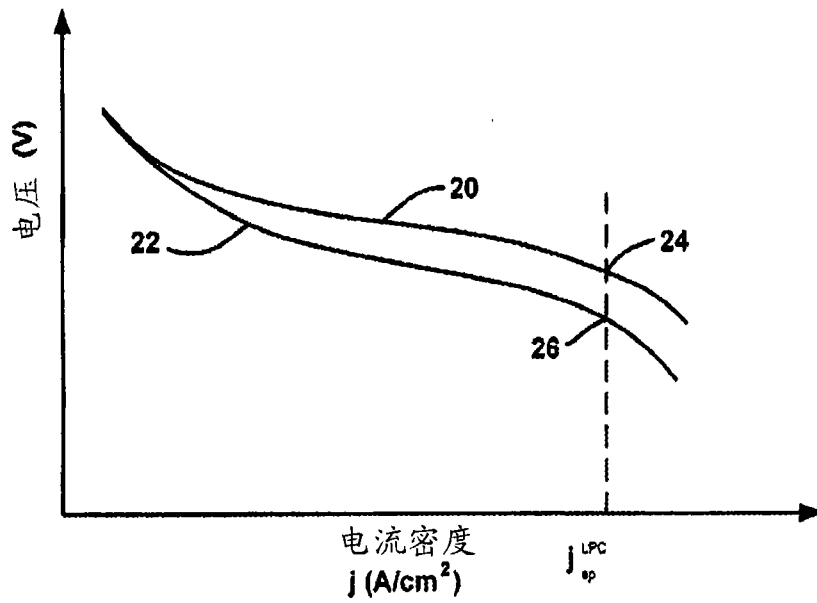


图 2

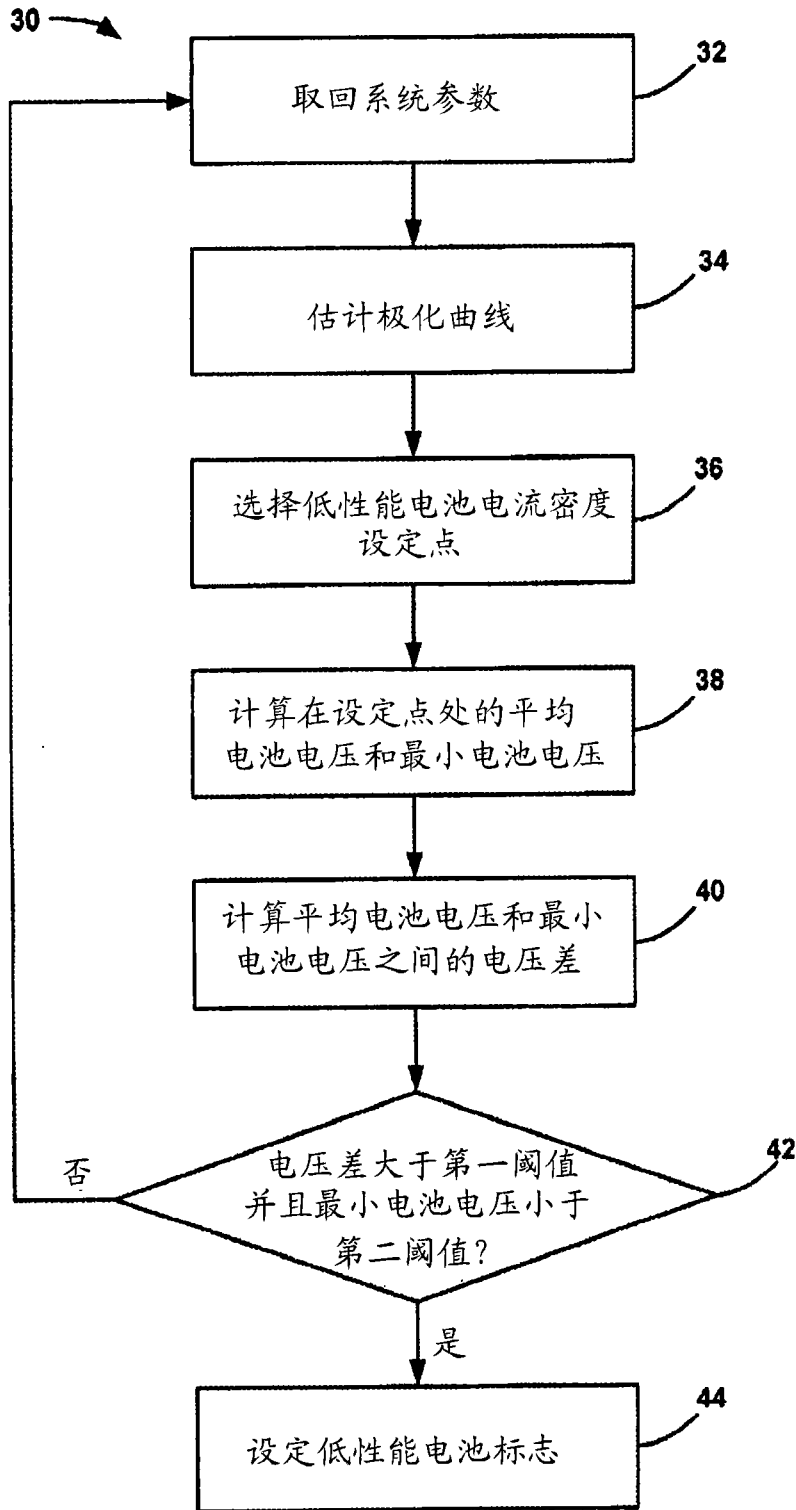


图 3