



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101411022 B

(45) 授权公告日 2010.12.29

(21) 申请号 200780007676.1

(22) 申请日 2007.03.05

(30) 优先权数据

0604241.0 2006.03.03 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.09.03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2007/000760 2007.03.05

(87) PCT申请的公布数据

W02007/099360 EN 2007.09.07

(73) 专利权人 智慧能量有限公司

地址 英国肯特

(72) 发明人 达米安·戴维斯 内森·格兰奇

保罗·艾伦·本森

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

公司 72003

代理人 郑小军

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2004/0166387 A1, 2004.08.26, 说明书第
0006-0008, 0012-0013, 0033-0071 段、附图 1-5.

US 3432356, 1969.03.11, 全文.

审查员 刘永欣

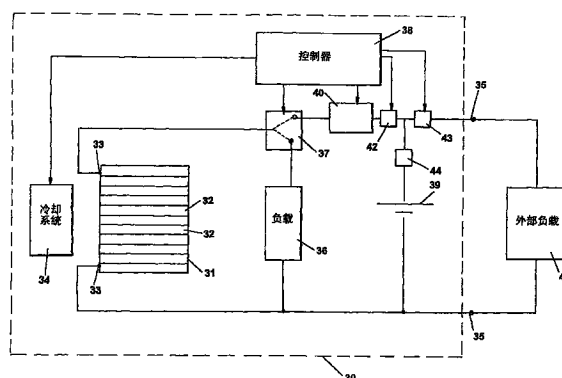
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

燃料电池的再水化

(57) 摘要

在再水化时段期间,周期性调节燃料电池组件中的燃料电池堆的一个或多个运行参数,该参数例如为出自燃料电池堆的电流和流向燃料电池堆的空气流量,以独立于燃料电池组件上的来自外部负载的电流需求的方式,间歇地提高燃料电池堆的水化程度,同时维持供向外部负载的电流输送。



1. 一种电化学燃料电池组件,包括:

燃料电池堆,包括多个燃料电池和一电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流;以及

堆功率控制器,包括可切换负载器件,所述堆功率控制器适于在再水化时段期间,通过使来自所述燃料电池堆的电流通过所述可切换负载器件,周期性且暂时性地增加从所述燃料电池堆引出的所述电流,用于追加或替代所述燃料电池组件外部的独立电流需求,以提高所述燃料电池的水化程度。

2. 根据权利要求1所述的组件,还包括:蓄积电源,连接到所述燃料电池组件的外部功率输出端,其中所述堆功率控制器适于在所述再水化时段期间将所述燃料电池堆的所述电输出与所述外部功率输出端电隔离。

3. 根据权利要求1所述的组件,还包括:蓄积电源,连接到所述燃料电池组件的外部功率输出端;以及负载控制器件,用于控制从所述蓄积电源和所述燃料电池堆之一或这两者输送电流到所述外部功率输出端。

4. 根据权利要求2或3所述的组件,其中所述蓄积电源是可充电电池。

5. 根据权利要求1所述的组件,其中所述堆功率控制器适于定期地实现所述再水化时段。

6. 根据权利要求1或5所述的组件,其中所述堆功率控制器适于响应在预定阈值标准内的燃料电池堆参数来实现所述再水化时段。

7. 根据权利要求1所述的组件,其中堆功率控制器适于实现再水化时段,每个所述再水化时段包括高电流时段和隔离时段,在所述高电流时段中从所述燃料电池堆引出的电流实质上高于正常运行的所述电流需求,而在所述隔离时段中从所述燃料电池堆引出的电流实质上低于正常运行的所述电流需求。

8. 根据权利要求7所述的组件,所述控制器适于在所述隔离时段期间将所述燃料电池堆电隔离。

9. 根据权利要求3所述的组件,其中所述负载控制器件适于在所述再水化时段之后以受控的方式爬升从所述燃料电池堆到所述外部功率输出端的功率输送。

10. 根据权利要求1所述的组件,其中所述堆功率控制器适于在所述再水化时段期间调节流经所述燃料电池堆的所述流体流动板的空气流量。

11. 一种运行电化学燃料电池组件的方法,所述电化学燃料电池组件具有燃料电池堆,所述燃料电池堆包括多个燃料电池和一电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流,所述方法包括以下步骤:

在再水化时段期间,通过使来自所述燃料电池堆的电流通过所述燃料电池堆内的可切换负载器件,以独立于所述燃料电池组件外部的电流需求的方式,周期性且暂时性地增加从所述燃料电池堆引出的所述电流,以提高所述燃料电池的水化程度;以及

在所述再水化时段期间,维持供向所述燃料电池组件外部负载的所述电流需求。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中在所述再水化时段期间维持所述电流需求的步骤包括使用蓄积电源。

燃料电池的再水化

[0001] 本发明涉及燃料电池,并且特别涉及质子交换膜类型的燃料电池,其中将氢供应到燃料电池的阳极侧,将氧供应到燃料电池的阴极侧,以及在燃料电池的阴极侧产生作为副产品的水(water by-product)并从燃料电池的阴极侧将作为副产品的水去除。

[0002] 这种燃料电池包括质子交换膜(PEM),其夹在两个多孔电极之间,共同构成膜电极组件(MEA)。MEA自身通常夹在以下两个结构之间:(i) 阴极扩散结构,其具有与MEA的阴极面相邻的第一面;以及(ii) 阳极扩散结构,其具有与MEA的阳极面相邻的第一面。阳极扩散结构的第二面与阳极流体流动场板(field plate)相接触,用以聚集电流以及将氢分布到阳极扩散结构的第二面。阴极扩散结构的第二面与阴极流体流动场板相接触,用以聚集电流、使氧分布到阴极扩散结构的第二面以及从MEA提取过量的水。阳极和阴极流体流动场板通常均包括硬导电材料,所述硬导电材料在与各个扩散结构相邻的表面上具有流体流动沟槽,用以输送反应气体(例如氢和氧),并且去除废气(例如未用的氧和水蒸气)。

[0003] 在这种燃料电池的工作中需要考虑的重要事项是MEA中的水的管理。在PEM燃料电池的工作期间,在MEA的催化部位形成作为氢和氧之间反应的产物的水。在将氧传输到MEA阴极面的同时,必须经由阴极扩散结构而将这些水从MEA排出。然而,为了确保电池的内部电阻保持在容限之内,MEA保持适当的水化也是很重要的。对MEA湿润化的控制失败会导致热点以及潜在的电池故障和/或不良的电池性能。

[0004] 在氢和氧之间发生燃料电池的电化学反应期间,起到关键作用的是经由PEM的质子迁移过程。只有当固态PEM被充分水化时质子交换过程才会发生。在水量不足的情况下,膜的水阻力(drag)特性将限制质子迁移过程,导致电池的内阻增大。在PEM过饱和的情况下,有可能出现过量的水“涌到”MEA的电极部分,并且限制气体进入所谓的三相反应界面(three phase reaction interface)。这些情形对燃料电池的整体性能都有负面影响。

[0005] 尽管作为燃料电池反应的部分,水是在阴极产生的,然而在整个MEA中保持水平衡是必要的。在将干燥空气引入电池的位置,往往趋向于在整个膜中产生不平衡的水分布,使得入口端部周边的区域比其它区域更为干燥。最后,这会使得膜受到机械应力并且导致不均匀的电流分布,二者都会引起先期(premature)损坏。为防止这种损坏,目前的实践是在将空气流输送到燃料电池的活性部分(active part)之前将其预湿润化。而这会增加系统复杂度,并且对于某些燃料电池应用而言常常是不实用的。

[0006] 在开放性阴极燃料电池中,阴极流体流动场板对于周边空气是开放的,并通常由诸如风扇等低压空气源给予协助,其中该低压空气源提供堆冷却(stack cooling)和氧供给的双重功能。这就允许设计出非常简单的燃料电池系统,以避免大寄生损耗(即燃料电池支持系统的电功率消耗),其通常涉及到使用了经增压的阴极和湿润化子系统的燃料电池堆。但是,空气流的双重目的(即用于氧输送,也用于空气冷却)可能引起空气流量需求的矛盾。为了冷却,需要非常高的化学计量单位(stoichiometric)的空气流过阴极电极,可能会导致较低的膜的水含量(导致低性能),当然这要取决于周边条件和堆温度,或者在极端情况下导致伴随时间而发生自燃料电池堆的持续性净水损耗,从而最终导致堆的失效。这是因为相对于堆功率输出(电流密度)的设定水平而言,在燃料电池聚合物膜的水

含量与经由空气流动而带来的除水率之间将会达到平衡。较低的电流、高空气流量以及较热的堆将会趋于减少膜的水含量,与此相反,较高的电流、较低的空气流量以及较冷的堆将会增加膜的水含量。

[0007] 本发明的目的是提供一种改进的燃料电池的设计及控制方略,用以克服或者至少减轻上述缺点中的至少某些缺点。

[0008] 根据一个方案,本发明提供一种电化学燃料电池组件,包括:

[0009] 燃料电池堆,包括多个燃料电池和电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流;以及

[0010] 堆功率控制器,在再水化时段期间,周期性且暂时性地增加从所述燃料电池堆引出的所述电流,用于追加或替代所述燃料电池组件外部的独立(independent)电流需求,以提高所述燃料电池的水化程度。

[0011] 根据另一个方案,本发明提供一种电化学燃料电池组件,包括:

[0012] 燃料电池堆,包括多个燃料电池和电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流;以及

[0013] 堆控制器,以独立于所述燃料电池堆组件上的电流需求的方式,在周期性基础上调节流经所述燃料电池堆的空气流量,以提供用以提高所述燃料电池的水化程度的再水化时段;以及

[0014] 在所述再水化时段期间维持供向所述燃料电池组件外部负载的所述电流需求的装置。

[0015] 根据另一个方案,本发明提供一种运行电化学燃料电池组件的方法,所述电化学燃料电池组件具有燃料电池堆,所述燃料电池堆包括多个燃料电池和电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流,所述方法包括以下步骤:

[0016] 在再水化时段期间,以独立于所述燃料电池组件外部的电流需求的方式,周期性且暂时性地增加从所述燃料电池堆引出的所述电流,以提高所述燃料电池的水化程度;以及

[0017] 在所述再水化时段期间维持供向所述燃料电池组件外部负载的所述电流需求。

[0018] 根据另一个方案,本发明提供一种运行电化学燃料电池组件的方法,所述电化学燃料电池组件具有燃料电池堆,所述燃料电池堆包括多个燃料电池和电输出,每个所述燃料电池具有膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板,所述电输出用于从所述燃料电池堆输送电流,所述方法包括以下步骤:

[0019] 以独立于所述燃料电池堆组件上的电流需求的方式,在周期性基础上调节流经所述燃料电池堆的空气流量,以提供用以提高所述燃料电池的水化程度的再水化时段,同时在所述再水化时段期间维持供向所述燃料电池组件外部负载的所述电流需求。

[0020] 在一般性方案中,本发明提供一种燃料电池组件,其中在再水化时段期间周期性调节一个或多个运行参数,该参数例如为出自组件中燃料电池堆的电流和流向组件中燃料电池堆的空气流量,以独立于燃料电池组件上从外部负载到燃料电池组件的电流需求的方

式,间歇地提高燃料电池堆的水化程度。在再水化时段期间,维持供向外部负载的电流输送。

[0021] 下面将通过示例的方式并且参照附图描述本发明的实施例,其中:

[0022] 图 1 为示出作为时间函数的电池电位的曲线图,用于对燃料电池的传统稳态运行与燃料电池的脉冲电流运行针对两个不同的脉冲重复时段而进行比较;

[0023] 图 2 为示出作为时间函数的瞬态和平均电池电位的曲线图,用于对燃料电池的传统稳态运行与脉冲电流运行进行比较;

[0024] 图 3 为电化学燃料电池功率单元的示意图,用以执行脉冲电流运行方案;

[0025] 图 4 为示出在堆水化脉冲之前、期间以及之后,作为时间函数的堆电压和堆电流的曲线图;以及

[0026] 图 5 为示出燃料电池性能的对比改善的曲线图,其对比是 (i) 在具有单层阴极扩散体的燃料电池中的脉冲电流运行, (ii) 在具有多层阴极扩散体的燃料电池中的脉冲电流运行。

[0027] 本发明提出(如同由燃料电池堆的现有运行条件所确定的那样)暂时打乱在膜的水含量与除水率之间的平衡,以实现更高的堆效率和系统效率。这一进程包括短时间内在燃料电池阴极产生过量的水,然后以更高的性能来运行堆,同时逐渐重新建立具有较低水含量的平衡。可以根据需要以特定时段的频率重复上述过程。

[0028] 产生过量水的短时间在本说明书中被称为“再水化时段”,这种表述用以表示燃料电池组件基于燃料电池上的外部电负载及其环境运行条件(例如温度),主动控制其运行环境以将水化程度有目的地提高到在其它情况下将变为强势(*prevail*)的某一程度以上一段时间。这种再水化过程可通过以下技术之一或这两者来实现:

[0029] a) 相比于由燃料电池组件上的外部施加负载所确定的“正常”运行条件,燃料电池以更高的功率输出运行,因此而经由电化学反应产生过量的水,以及

[0030] b) 调节或者短暂中断(*brief stoppage*)流经燃料电池的空气量(流速),以将除水过程最小化。

[0031] 这个进程的主要优点是在正常运行条件期间,由于较高的电池电压而被改善的性能,可以提供改善后的能量转换效率。这会导致较低的堆运行温度,从而能够延长膜的预期寿命。这里描述的再水化进程的有益效果在启动(*start-up*)燃料电池组件期间最为明显。尤其是对于有条件约束新制燃料电池的情形,再水化过程能够将无条件的燃料电池堆的响应立即提高到大负载需求。

[0032] 其次要优点是允许实现空气冷却(开放性阴极)的燃料电池堆在更宽泛的环境下、尤其是在更热和更干的周边条件下运行。在利用开放性阴极堆的燃料电池系统中,通常调节燃料电池膜的水含量的唯一途径是改变冷却风扇传送的空气流量,其中空气流量的增加将导致较低的堆温度,相反地,较低的空气流量将使得堆被加热。不过,这些动作中的任何一种都会实际导致来自堆的进一步的水损耗,当然这取决于周边空气湿度。本发明提出通过硬件和运行控制器将燃料电池堆组合进系统中,以用于不直接依赖于运行环境和外部负载条件的再水化,从而维持更为优化的性能。

[0033] 在图 1 中示出周期性且暂时性地将燃料从燃料电池引出的施于其基础负载之上的电流增加至更高电流的效果。这里,所述堆运行于 $320\text{mA}/\text{cm}^2$ 的基础负载。所述基础负载可

视为由燃料电池组件上的外部电流需求确定的负载,以及连同由燃料电池组件自身施加于燃料电池堆上的任何持续性寄生负载(即控制电路、风扇等等)。燃料电池堆上周期性且暂时性增加的电流需求作为电流脉冲出现,其中分别以两分钟和五分钟的时段将堆电流增加到 $900\text{mA}/\text{cm}^2$,以用于大约 5 秒钟的再水化时段。效率的整体提高是基于 H_2 在 50 摄氏度 C 的较低加热值 (LHV),并假定在高负载下在 5 秒的再水化脉冲期间的效率为零。

[0034] 如图 1 中的线 10 所示, $320\text{mA}/\text{cm}^2$ 的稳态基本负载导致电池电压略大于 0.65V,并且 LHV 为 52.4%。每隔 2 分钟以为期 5 秒的再水化时段运行的电池电压由图 1 中的线 11 给出。这对应于大约 4.2% 的再水化占空系数 (duty circle),并且提供 57.6% 的 LHV。每隔 5 分钟以为期 5 秒的再水化时段运行的电池电压由图 1 中的线 12 给出。这对应于大约 1.7% 的再水化占空系数,并且提供 57.2% 的 LHV。

[0035] 图 1 中清楚可见经过再水化时段之后电池电压即时增加的比例和接下来的衰减。性能的改善将取决于燃料电池的水保持因数,具体而言是取决于聚合物膜的特性及与其组合的任何气体扩散层的特性,并取决于温度和流经电池堆的空气流量。水化时段在与 MEA 相邻的经改进的扩散介质(其协助控制和维持膜的水位 (water level)) 结合使用时特别有效。因此,本发明在与协助聚水 (water trapping) 的多层扩散结构结合使用时尤为有益,例如 UK 专利申请 0501598.7 和相应的国际专利申请 PCT/GB2006/000074 中描述的用于开放性阴极堆的配置。图 5 示出 (i) 针对在具有单层阴极扩散体的燃料电池中的脉冲电流运行以及 (ii) 在具有多层阴极扩散体的燃料电池中的脉冲电流运行所观察到的燃料电池性能的改善的比较。上方的轨迹示出结构 (ii) 的电池电压,而下方的轨迹示出结构 (i) 的电池电压。再水化脉冲每隔 10 分钟出现。

[0036] 图 2 示出在具有和不具有再水化电流脉冲的情况下燃料电池的实时电池电压和平均电池电压的效果。电池电压轴线表示整个堆上的平均电池电压,即用堆电压除以堆中的电池数。上方的直线 20 示出略大于 0.69V 的时间平均电池电压,而上方的轨迹 21 示出瞬时电池电压,二者都是发生在对堆运行再水化时段时。下方的直线 22 示出略大于 0.65V 的时间平均电池电压,而下方的轨迹 23 示出瞬时电池电压,二者都是发生在不对堆运行再水化时段时。注意下方的轨迹 23 与上方的轨迹 21 相比会在不同的频率表现出某种周期性,这是因为在两种情况下都存在周期性的阳极清除 (purge),以清除在另外的闭锁式 (closed-ended) 阳极结构上形成的水,并且这一点也主导着下方的轨迹 23。将闭锁式阳极周期性地切换到开放式 (open-ended) 结构大约 1 秒,以将水从阳极清除。然而,从具有再水化时段的平均和瞬时电压 20、21 相对不具有再水化时段的同类电压 22、23 的显著增加来看,再水化时段的效果是非常明显的。

[0037] 为了在燃料电池系统上应用再水化时段的这种效果,需要用到如图 3 所述的附加控制系统。

[0038] 电化学燃料电池组件 30 包括燃料电池堆 31,该燃料电池堆 31 具有多个串联连接的燃料电池 32。根据传统的燃料电池堆的设计,每个燃料电池 32 包括膜-电极组件和用于为其输送燃料和氧化剂的流体流动板。电输出 33 用于从燃料电池堆 31 输送电流。诸如风扇等冷却系统 34 为流动板提供冷却气流和氧气。外部功率输出端 35 将来自燃料电池组件 30 的功率经由继电器 42 和 43 输送到外部负载 41。

[0039] 内部电负载 36 可在功率控制器 38 的控制下通过开关 37 进行切换,以周期性且暂

时性地增加从燃料电池堆 31 引出的电流。辅助或“蓄积 (reservoir)”电源 39 经由继电器 43 连接到输出端 35, 以在燃料电池堆 31 切换为用以供应内部负载 36 时将功率供应到功率输出端 35。负载控制电路 40 和冷却系统 34 也可以由该功率控制器 38 来控制。蓄积电源 (reservoir power source) 39 优选为可充电电池, 但也可以使用任何其它形式的适用的充电存储器件, 例如超级电容器 (supercapacitor)。负载控制电路 40 优选为 DC/DC 转换器。

[0040] 在使用中, 燃料电池堆 31 通常切换为用以供应外部负载 41, 而内部负载 36 和蓄积电源 39 都与燃料电池堆 31 和功率输出端 35 电隔离。

[0041] 然而, 在再水化时段期间, 功率控制器 38 打开继电器 42 并且运行开关 37, 从而将蓄积电源 39 与燃料电池堆 37 隔离, 并且将来自燃料电池堆 31 的电流输送到内部负载 36。同时, 为了避免中断供向外部负载 41 的功率, 功率控制器 38 将继电器 43 维持在闭合条件下, 以维持蓄积电源 39 与功率输出端 35 之间的电持续性, 由此而供应外部负载 41。在再水化时段结束时, 控制器 38 运行开关 37 和继电器 42, 以将内部负载 36 与燃料电池堆 31 隔离, 并且将燃料电池堆再次连接到输出端 41。此时, 蓄积电源 39 优选保持连接, 从而通过来自燃料电池堆 31 的电流再次充电。在适当的充电周期之后, 可以运行负载控制电路 40, 以使用第三继电器 44 来将蓄积电源 39 隔离。可选地, 蓄积电源 39 可以在所有时间一直保持连接。

[0042] 因此, 应该理解燃料电池堆 31 是主要电源, 但是在再水化时段期间, 电池 39 是外部负载 41 的功率的唯一提供者。当燃料电池堆 31 在线恢复时, 能够为电池 39 再次充满电, 并且当电池接近充电的充满状态时, 流入的电流将减小。

[0043] 对于这种配置还可以进行多种改进。例如, 如果在再水化时段期间不需要将燃料电池堆 31 和内部负载 36 与外部负载 41 隔离, 则开关 37 不需要具有双向变化。换句话说, 只要在再水化时段期间所需的功率仍然能够被输送到外部负载 41, 那么原则上在再水化时段期间, 内部负载 36 可以简单地以并联的方式增加至外部负载 41。在这种情况下, 由于即使在再水化时段期间, 从燃料电池堆 31 到外部负载 41 也维持有电流, 因此蓄积电源 39 就不是必需的。类似的, 功率输出端 35 可以直接连接到燃料电池堆 31; 内部负载 36 可以根据需要而在第一并联电路中接通和切断; 以及蓄积电源可以根据需要而在第二并联电路中与充电控制一起接通和切断。

[0044] 因此, 在一般性方案中, 应该认识到, 在再水化时段期间, 堆功率控制器 38 可以使用内部负载 36 来周期性且暂时性地增加从燃料电池堆引出的电流, 以追加或替代燃料电池组件外部的独立电流需求。如果有必要, 功率控制器可以用来在受控的基础上在内部负载 36 中进行切换, 以避免出现大的切换瞬态值。

[0045] 再水化时段也可以通过周期性且暂时性减少流向燃料电池堆 31 阴极的空气流量来实现。因此, 功率控制器 38 可以配置为在再水化时段期间减小供向冷却风扇 34 的功率, 优选地, 该冷却风扇在再水化时段期间关闭。

[0046] 因此, 在一般性方案中, 堆功率控制器 38 可以以独立于燃料电池堆上的电流需求的方式, 在周期性基础上调节流经燃料电池堆 31 的空气流量, 以提供用于提高燃料电池水化程度的再水化时段。本文中所表述的“独立”用以表示与燃料电池组件 30 上的外部电负载 41 中的即时或瞬时变化无关。

[0047] 空气流量调节和增加负载都可以用于实施再水化时段的目的。图 4 的曲线图示出

用于这种运行的电流和电压分布。上方的轨迹 50 表示作为时间函数的堆电压,而下方的轨迹 51 表示作为时间函数的堆电流。

[0048] 在时间段 52($t = 0-6$ 秒)期间,示出了燃料电池的正常运行。在下一个时间段 53($t = 6-10$ 秒)期间,为阴极提供空气流动的冷却风扇 34 关闭,从而导致堆温度升高。在接近这个时间段的末端,由于对大量输送的限制,可观察到电池电压的小幅减少,以及电流的相应小幅升高,以此来维持恒定的功率。在输入到 DC/DC 转换器 40 的电压接近电池 39 的端电压的这一点,来自燃料电池的电流减小至趋于零。这里,输送到输出端 35 的功率将由电池 39 来补充。

[0049] 然后,从时间段 54($t \sim 10-11$ 秒)中降至零的电流可明显看出,在最小的电负载下,来自燃料电池堆 31 的输出通过打开继电器 42 而被隔离,留下电池 39 为设备(例如外部负载 41)提供持续性电源。在时间 $t = 11$ 秒时,如尖峰 55 所明显显示出的那样,内部负载电阻器 36 切换为与燃料电池堆 31 的端子 33 交叉。这进一步在受控时间段(称为高电流时段 56($t \sim 11-12$ 秒))而给燃料电池堆 31 施加电负载。

[0050] 在此高电流时段 56 期间,燃料电池堆 31 的流体流动沟槽中的剩余氧化剂被消耗,并且所述堆的端电压下降至 0V。在没有风扇 34 将作为副产品的水引出的情况下,过量的水留在每个电池 31 的 MEA/ 气体扩散层界面处。于高电流时段 56 之后,在隔离时段 57($t = 12-16$ 秒)期间,将燃料电池堆 31 与所有电负载隔离。在此隔离时段期间,在点 58($t = 16$ 秒)处电流为零,且堆电压 50 恢复到尖峰值。在重新连接时间时段 59($t \sim 16-18$ 秒)期间,使用 DC/DC 转换器 40 上的数字控制使来自电池堆 31 的功率以受控的方式在线恢复,以逐渐提升电流限制设定点。在点 60 处,燃料电池全额上线(fully on line)并且开始为电池 39 重新充电(在 $t = 18$ 秒处)。在接下来的时间段 61 期间,燃料电池为电池重新充电,并且为外部负载 41 供电。当电池 39 接近充电的充满状态时,电流逐渐降低。

[0051] 在适当的时间时段(例如在 2 分钟和 5 分钟之间)之后,启动下一个再水化运行(图 4 中没有示出)。可以使用任何适当的可以有效提供电池电压的有益平均增加的时间时段。例如,所述时间时段可以短至 1 分钟或者长至 2 小时,而这取决于周边条件,例如温度和湿度,并且取决于燃料电池是否在恒定或可变负载下运行。

[0052] 再水化运行的最佳频率取决于多个因素,包括诸如温度和湿度等大气条件。当使用多层阴极气体扩散层时,其电化学性能相比于单个气体扩散层的配置而有更为明显的改善,并且该燃料电池性能返回平衡水平的更长。使用具有开放性阴极堆的技术以对抗传统受压阴极时也是这种情形,在后一情形下,受压空气流经沟槽会迅速去除过量的水。

[0053] 优选地,在固定的周期性基础上自动执行再水化运行。然而,应该理解的是,可以使用进一步的控制算法,以在正常模式与再水化模式之间切换燃料电池组件 30,其中在正常模式下没有再水化运行发生,而在再水化模式下进行周期性且暂时性的再水化运行。根据一些可测量的堆的运行参数,例如平均温度、湿度、电压分布、电流分布以及功率需求等,可以控制再水化运行的周期性。根据一些可测量的堆的运行参数,例如平均温度、湿度、电压分布、电流分布以及功率需求等,可以控制再水化时段的占空系数。优选地,在隔离时段 57 期间引出零电流,但是应该理解的是其也可以引出低电流。而在一些实施例,可能不需要隔离时段。

[0054] 其它实施例被有意地落入随附权利要求的范围内。

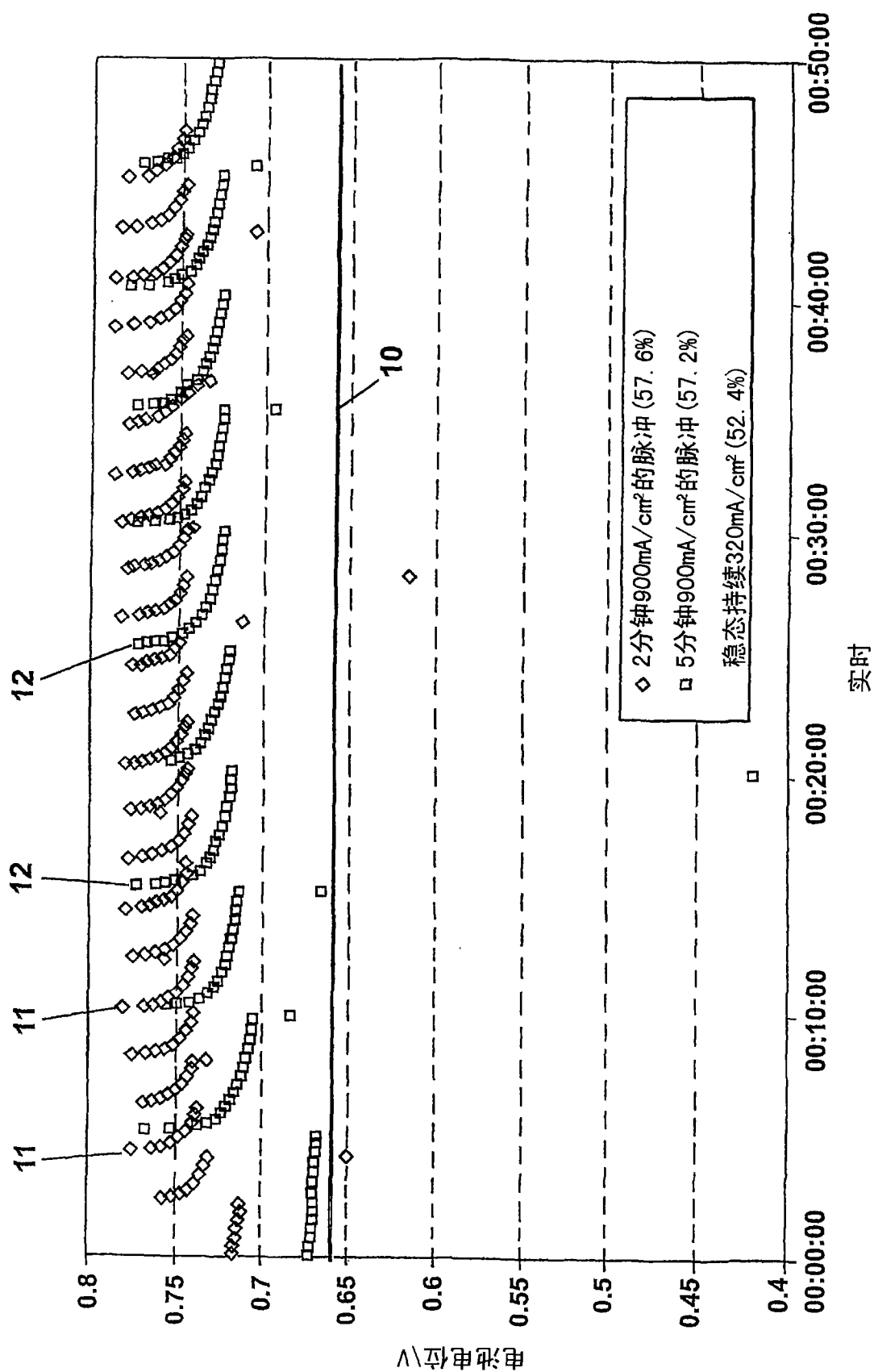


图1

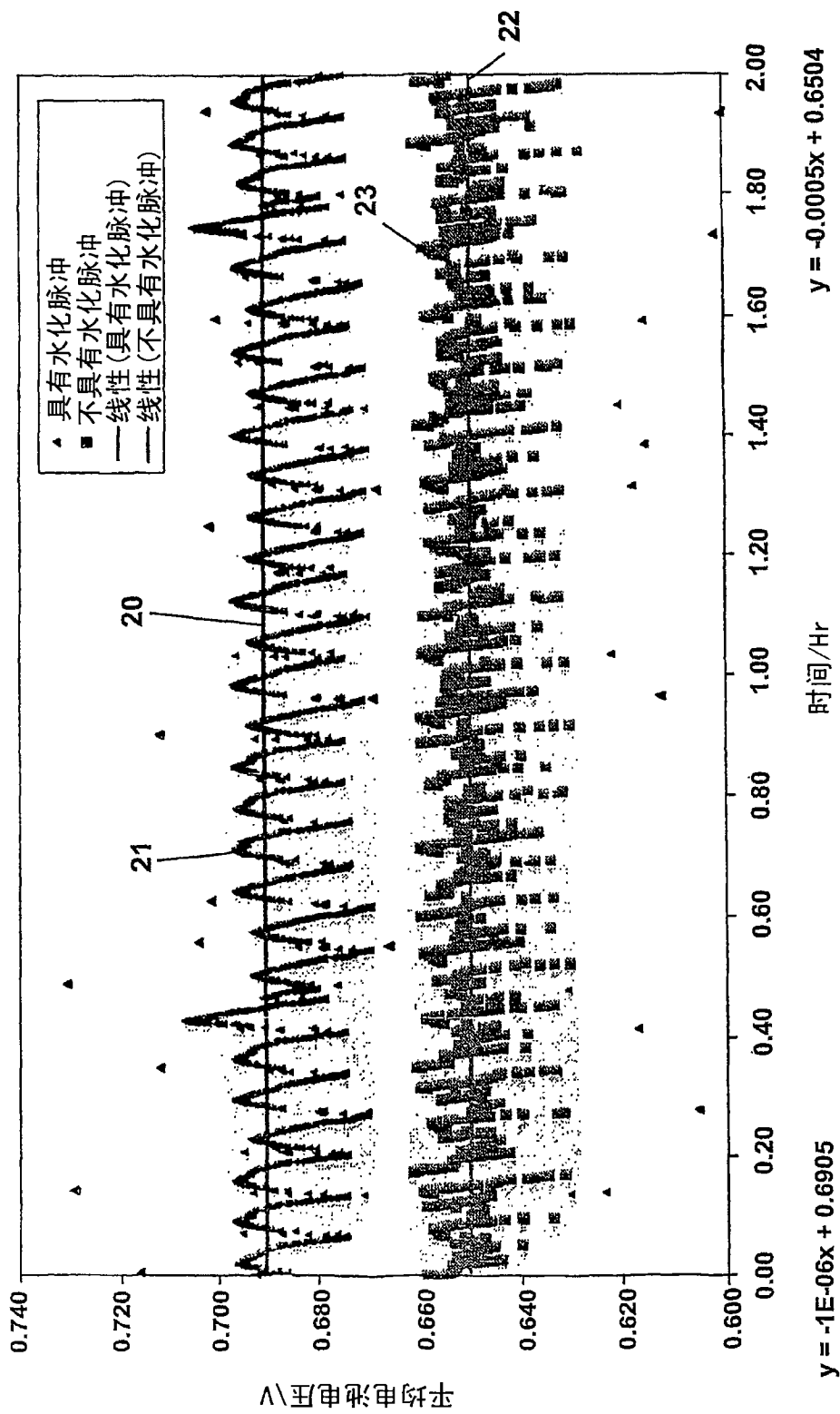


图2

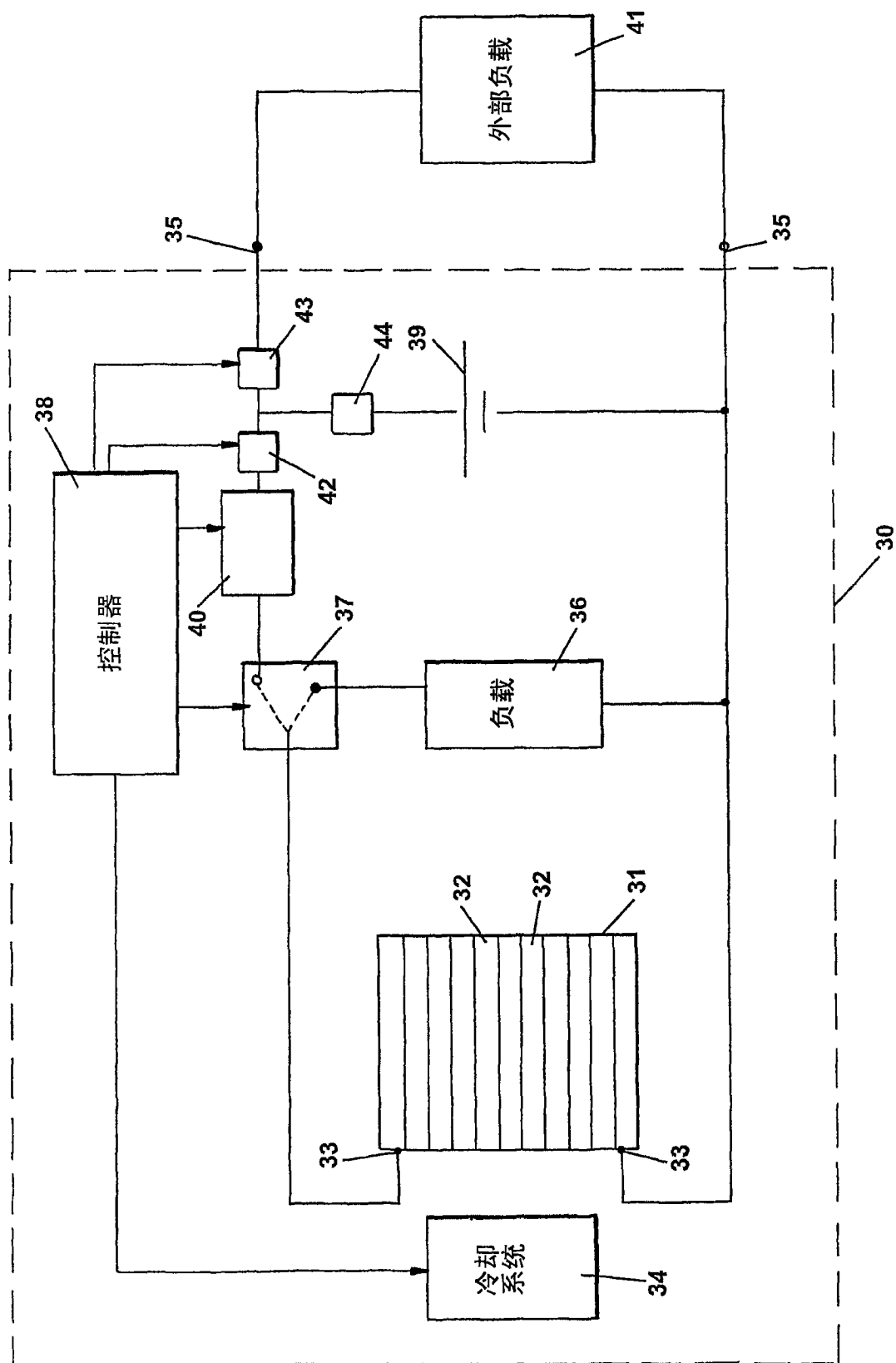


图3

具有单个和多个阴极扩散层的燃料电池特性
10分钟电流脉冲时段

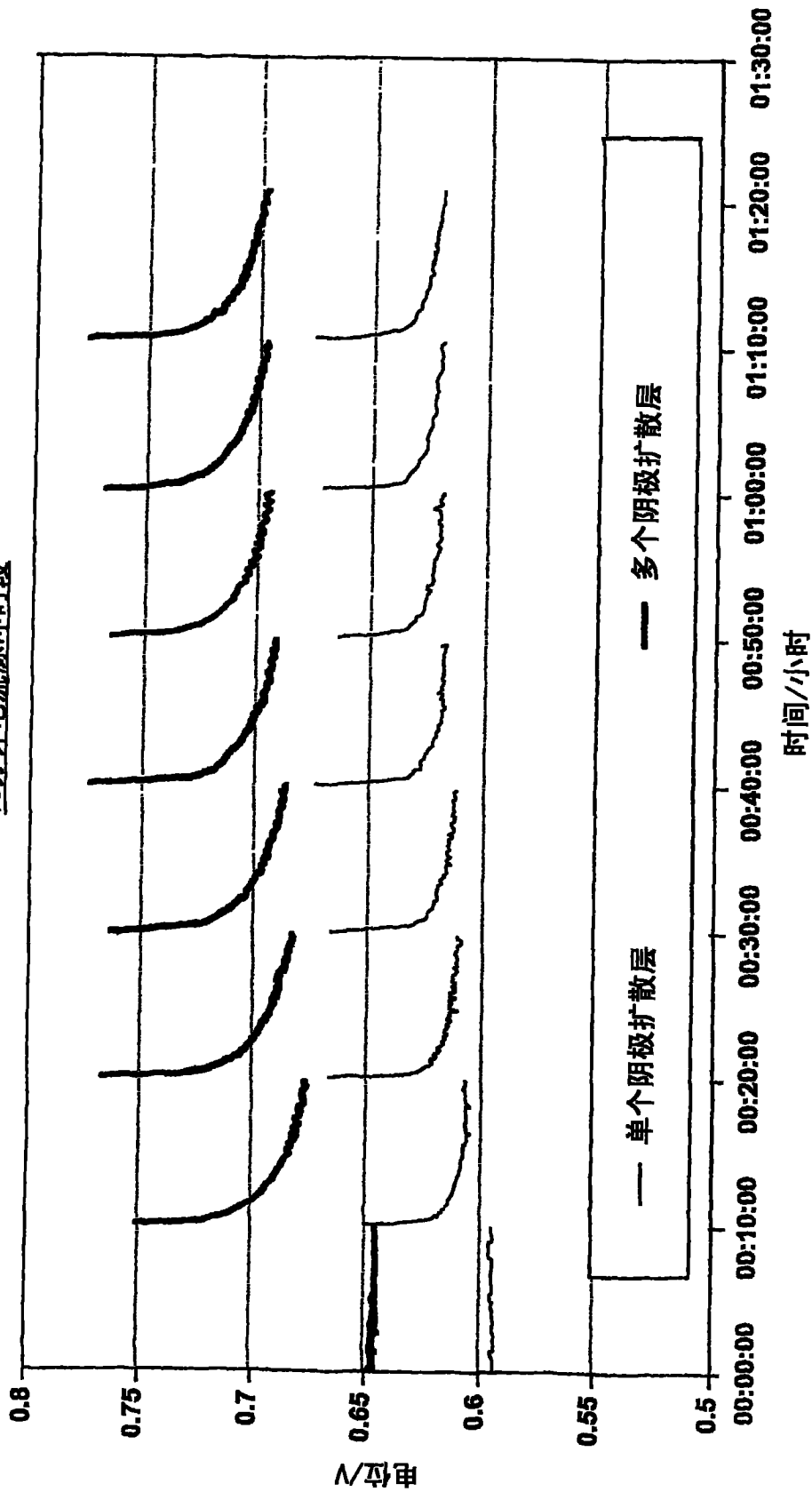


图5