

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/24 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)

G05B 19/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910161808.7

[43] 公开日 2010年2月3日

[11] 公开号 CN 101640279A

[22] 申请日 2009.8.3

[21] 申请号 200910161808.7

[30] 优先权

[32] 2008.8.1 [33] US [31] 12/184776

[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 B·J·克林格曼 S·D·伯奇

J·P·萨尔瓦多 M·辛哈

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 彭武 谭祐祥

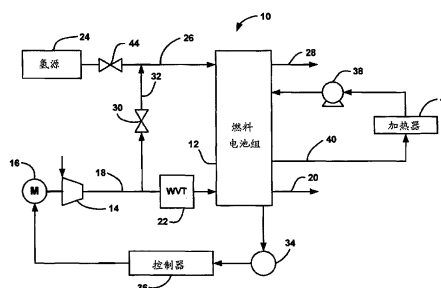
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

燃料电池系统关闭期间的湿度控制

[57] 摘要

本发明涉及燃料电池系统停机关闭期间的加湿度控制。具体而言公开了一种方法，所述方法用于控制系统关闭时燃料电池堆的吹扫时长和吹扫速度，以提供期望量的燃料电池堆湿度。膜湿度在系统关闭时由测量膜湿度并将测量值提供给控制器的高频电阻传感器来测量。控制器控制将阴极输入空气提供给燃料电池堆的压缩机，使得吹扫时间和吹扫流的速度为下次启动提供期望的膜湿度。



1. 一种燃料电池系统，包括：

燃料电池堆；

压缩机，所述压缩机用于将阴极输入空气提供到所述燃料电池堆的阴极侧并用于将吹扫空气提供到所述燃料电池堆的阳极侧和阴极侧；

用于测量所述燃料电池堆的电力负载上的高频部件的电阻的至少一个高频电阻测量装置；以及

控制器，所述控制器使用电阻测量值以在系统关闭时识别所述燃料电池堆中的湿度大小，所述控制器在所述燃料电池堆吹扫期间基于来自所述高频电阻测量装置的测量值控制所述压缩机。

2. 如权利要求1所述的系统，其中，当所述高频电阻测量值大于一个阈值时，所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

3. 如权利要求1所述的系统，其中，所述燃料电池堆分为若干燃料电池子堆，并且所述至少一个高频电阻测量装置是用于每个燃料电池子堆的一个高频电阻测量装置，每个高频电阻测量装置测量其中一个独立的燃料电池子堆的高频部件的电阻。

4. 如权利要求3所述的系统，其中，当所述燃料电池子堆的平均高频电阻测量值达到预定阈值时，所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

5. 如权利要求3所述的系统，其中，当所述燃料电池子堆中的一个的最小高频电阻测量值达到预定阈值时，所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

6. 如权利要求3所述的系统，其中，当所述燃料电池子堆中的一个的最大高频电阻测量值达到预定阈值时，所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

7. 如权利要求1所述的系统，其中，当所述高频电阻测量值的变化斜率达到预定斜率时，所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

8. 如权利要求1所述的系统，其中，所述控制器在所述燃料电池堆吹扫期间控制所述燃料电池堆的温度。

9. 如权利要求1所述的系统，还包括用于在所述燃料电池堆吹扫期间加热所述燃料电池堆的加热器。

10. 如权利要求1所述的系统,其中,所述控制器结合所述高频电阻测量值采用动态膜湿度模型来确定所述燃料电池堆吹扫的持续时间。

11. 如权利要求1所述的系统,其中,所述控制器应用水缓冲模型以确定燃料电池膜的湿度,并结合所述高频电阻测量值以确定所述燃料电池堆吹扫的持续时间。

12. 一种燃料电池系统,包括:

燃料电池堆;

压缩机,所述压缩机用于将阴极输入空气提供到所述燃料电池堆的阴极侧并用于将吹扫空气提供到所述燃料电池堆的阳极侧和阴极侧;以及

控制器,所述控制器使用系统关闭时所述燃料电池堆中的湿度大小,以在所述燃料电池堆吹扫期间通过所述压缩机控制吹扫持续时间和吹扫速度。

13. 如权利要求12所述的系统,其中,所述控制器使用所述燃料电池堆的电力负载上的高频部件的高频电阻测量值来确定系统关闭时所述燃料电池堆的相对湿度。

14. 如权利要求13所述的系统,其中,当所述高频电阻测量值达到目标设定点时,所述控制器结束所述燃料电池堆的吹扫。

15. 如权利要求12所述的系统,还包括用于在所述燃料电池堆吹扫期间加热所述燃料电池堆的加热器。

16. 一种用于确定燃料电池系统关闭时燃料电池堆吹扫速度和持续时间的方法,所述方法包括:

测量所述燃料电池堆的电力负载上的高频部件的电阻;以及

在所述燃料电池堆吹扫期间基于所述高频部件测量值控制压缩机,以控制输送到所述燃料电池堆的阴极和阳极的吹扫空气,从而使所述燃料电池堆内的膜在系统关闭时具有期望的相对湿度。

17. 如权利要求16所述的方法,其中,当所述高频电阻测量值达到目标设定点时,结束所述燃料电池堆的吹扫。

18. 如权利要求16所述的方法,还包括在所述燃料电池堆吹扫期间加热所述燃料电池堆。

19. 如权利要求16所述的方法,还包括结合所述高频电阻测量值

采用动态膜湿度模型来确定所述燃料电池堆吹扫的持续时间。

20. 如权利要求16所述的方法，还包括应用水缓冲模型以确定燃料电池膜的湿度，并结合所述高频电阻测量值以确定所述燃料电池堆吹扫的持续时间。

燃料电池系统关闭期间的湿度控制

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及一种用于在系统关闭期间控制燃料电池堆中的膜的相对湿度的方法，更具体地涉及一种用于通过使用识别燃料电池堆相对湿度的高频电阻测量值来控制系统关闭时燃料电池堆中的膜的相对湿度的方法。

背景技术

[0002] 氢是非常有吸引力的燃料，因为它清洁并且能够用于有效地在燃料电池中产生电。氢燃料电池是包括阳极和阴极以及介于阳极和阴极之间的电解质的电化学装置。阳极接收氢气，阴极接收氧气或空气。氢气在阳极中分解从而产生自由的氢质子和电子。氢质子穿过电解质到达阴极。氢质子在阴极与氧和电子发生反应从而产生水。来自阳极的电子不能穿过电解质，并因此在被送到阴极之前被引导通过负载而做功。

[0003] 质子交换膜燃料电池（PEMFC）是常见的车用燃料电池。PEMFC通常包括固态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支撑在碳粒子上并与离聚物混合的细粒状催化粒子，其通常为铂（Pt）。催化混合物沉积在膜的相对侧上。阳极催化混合物、阴极催化混合物和膜的组合限定了膜电极组件（MEA）。MEA的制造成本相对比较昂贵并且需要用于有效操作的某些条件。

[0004] 若干燃料电池通常组合在燃料电池堆中以产生期望的功率。例如，用于车辆的典型燃料电池堆可具有200或更多个堆叠的燃料电池。燃料电池堆接收阴极输入气体，该输入气体通常为在压缩机的作用下被迫流过燃料电池堆的空气流。并非所有的氧气都被燃料电池堆消耗，一些空气作为阴极排出气体输出，所述阴极排出气体可能包含作为燃料电池堆副产物的水。燃料电池堆还接收流入燃料电池堆的阳极侧的阳极氢输入气体。

[0005] 燃料电池堆包括一系列位于燃料电池堆中的若干MEA之间的双极板，其中双极板和MEA位于两个端板之间。双极板包括用于

燃料电池堆中的相邻燃料电池的阳极侧和阴极侧。阳极气体流动通道设置在双极板的阳极侧上以允许阳极反应气体流向相应的 MEA。阴极气体流动通道设置在双极板的阴极侧上以允许阴极反应气体流向相应的 MEA。一个端板包括阳极气体流动通道，并且另一个端板包括阴极气体流动通道。双极板和端板由例如不锈钢或导电复合物的导电材料制成。端板将由燃料电池产生的电导出燃料电池堆。双极板还包括冷却流体流过其中的流动通道。

[0006] 如本领域中公知的，燃料电池膜在特定相对湿度 (RH) 下操作，使得膜的离子电阻足够低以有效地传导质子。来自燃料电池堆的阴极输出气体的相对湿度对于膜的相对湿度有重大影响。通过保持阴极出口相对湿度的特定设定点，通常为 80%，可以维持燃料电池堆的膜的合适的相对湿度。燃料电池堆压力、燃料电池堆温度、阴极化学计量以及进入燃料电池堆的阴极空气的相对湿度是维持相对湿度空气输出的全部可控参数。为了燃料电池堆耐久性的目的，希望使膜的相对湿度循环的数目最小化，因为已经表明 RH 极限值之间的循环会严重限制膜寿命。由于水的吸收和随后的干燥，膜的 RH 循环引起膜膨胀和收缩。膜的这种膨胀和收缩导致膜中形成针孔 (pin hole)，所述针孔产生穿过膜的氢和氧，从而产生进一步增大膜中的孔的尺寸的热点，进而缩短膜的寿命。

[0007] 如上所述，水作为燃料电池堆操作的副产物而生成。因此，来自燃料电池堆的阴极排出气体将包括水蒸气和液态水。本领域公知的是，从阴极排出气流中回收水并且通过阴极输入空气流使其返回到燃料电池堆。很多装置可用于执行这种功能，例如水蒸汽转移 (WVT) 单元。

[0008] 此外，当燃料电池堆的功率需求增大时，压缩机速度增大以便为所需功率提供适当量的阴极空气。然而，当压缩机速度增大时，通过 WVT 单元的空气流具有较高的速度，并且被加湿到希望水平的机会较少。同样，在某些燃料电池系统设计中，阴极输入气流和/或阴极排出气流的相对湿度可以被控制以便通过调节冷却流体流的温度来维持设定点。

[0009] 本领域公知的是，使用相对湿度传感器来测量输入到燃料电池堆的阴极空气的相对湿度和从燃料电池堆输出的阴极排出气体

的相对湿度，以便提供湿度控制。然而，阴极排出气体通常可处在或高于 100% 的湿度水平，尤其在系统预热期间。可获得的 RH 传感器在测量高于 100% 的相对湿度时通常表现得不好，尤其是如果之后它们需要很快测量低于 100% 的相对湿度的话。

[0010] 在燃料电池关闭期间，希望膜具有一定量的相对湿度，因此它们不会太潮湿或太干燥。太潮湿的膜可导致在低温度环境中出现问题，其中，燃料电池堆中的水的冻结可产生阻塞流动通道并影响系统重起的冰。因此，本领域公知的是，吹扫燃料电池堆中的流动通道，通常使用来自压缩机的压缩机空气以吹扫燃料电池堆的阴极或者其阴极和阳极。然而，太长时间的吹扫可使膜变得过于干燥，从而膜在下次系统重起时将具有过低的电导率，这影响重起性能并且降低燃料电池堆的耐久性。

[0011] 燃料电池系统在刚刚关闭之前的运行条件对于燃料电池堆中的水量具有重要影响。例如，如果燃料电池堆由于低燃料电池堆功率需求和/或冷环境条件而运行在相对较冷的温度下，例如 60° C，那么在关闭期间对燃料电池堆的 RH 控制相当直接，其中，系统目标 RH 水平可以满足，通常进入燃料电池堆的为 55%，而从燃料电池堆排出的为 80%。对于较高温度的关闭，由于不能维持目标 RH，系统可能运行在较低的 RH 水平。例如，在高负载时的较温暖的环境条件下，WVT 单元可能无法满足期望的 RH 水平。

[0012] 对期望的冻结起动而言，不论关闭之前的运行条件如何，系统应当预先关闭以获得膜湿度的一致水平。为了实现正确的关闭，不论运行条件如何，关键的是闭合膜湿度测量的环路。通过提供用于每次关闭的特定吹扫速度和时间，通过开环控制的关闭将会更容易。不幸的是，这种开环控制不能针对关闭之前的不同条件进行调节。

发明内容

[0013] 根据本发明的教导，公开了一种用于控制系统关闭时燃料电池堆的吹扫时长和吹扫速度的方法，以提供期望量的燃料电池堆湿度。膜湿度在系统关闭时由测量膜湿度并将测量值提供给控制器的高频电阻传感器来测量。控制器控制将阴极输入空气提供给燃料电池

堆的压缩机，使得吹扫的时间和吹扫的流动速度为下次启动提供期望的膜湿度。

[0014] 通过参阅下面的描述和所附权利要求并结合附图，本发明的附加特征将变得显而易见。

附图说明

[0015] 图 1 是采用了根据本发明实施例的方法的燃料电池系统的示意性框图，该方法用于基于系统关闭时的相对湿度测量值来确定燃料电池堆吹扫的持续时间和流动速度。

具体实施方式

[0016] 下面对涉及用于在系统关闭时控制燃料电池堆的吹扫的方法的本发明实施例的论述本质上仅是示例性的，其并非意在以任何方式限制本发明或其应用或用途。

[0017] 图 1 是包括燃料电池堆 12 的燃料电池系统 10 的示意性框图。系统 10 还包括由马达 16 驱动的压缩机 14，压缩机 14 将阴极输入管线 18 上的阴极输入空气流提供到燃料电池堆 12。阴极排出气体在阴极排出气体管线 20 上输出。水蒸汽转移 (WVT) 单元 22 设置在阴极输入管线 18 中从而以本领域技术人员公知的方式加湿阴极空气流。虽然未具体示出，但是，WVT 单元 22 的湿气将通常由阴极排出气体提供。氢源 24 在阳极输入管线 26 上将清新干燥的氢提供给燃料电池堆 12 的阳极侧，在阳极侧阳极排出气体在阳极排出气体管线 28 上从燃料电池堆 12 输出。

[0018] 燃料电池系统 10 还包括用于控制燃料电池堆 12 的温度的热量子系统。具体地，冷却流体泵 38 泵送冷却流体通过燃料电池堆 12 外的冷却剂回路 40 和燃料电池堆 12 内的冷却流体流通道。加热器 42 设置成在希望升高燃料电池堆 12 的温度的某些时间加热冷却流体。

[0019] 在系统 10 关闭期间，燃料电池堆 12 中的阴极流动通道和阳极流动通道被吹扫以去除阴极流动通道和阳极流动通道中过量的水并提供适于下次系统启动的燃料电池堆相对湿度。为了提供这种吹扫，在将阴极输入管线 18 连接到阳极输入管线 26 的吹扫管线 32 中设置吹扫阀 30，使得在阀 30 打开时来自压缩机 14 的空气可被引导至燃

料电池堆 12 中的阴极流动通道和阳极流动通道。在吹扫期间通过阀 44 将氢源 24 关闭。

[0020] 替代性地，压缩机 14 可用于仅吹扫燃料电池堆 12 的阴极侧。阳极侧将由于膜的渗透性而发生一些干燥。

[0021] 如上所述，通常需要控制燃料电池堆的湿度，以使燃料电池堆 12 中的膜具有合适的电导率，但是，在水冻结从而流动通道可能被冰阻塞的情况下，没有足够的水保留在燃料电池堆 12 中。一种用于测量膜湿度的技术在本领域中称为高频电阻（HFR）湿度测量。HFR 湿度测量值通过在燃料电池堆 12 的电负载上提供高频部件从而使燃料电池堆 12 的电流输出上产生高频纹波而生成。然后通过检测器测量高频部件的电阻，该高频部件的电阻是燃料电池堆 12 中的水量的函数。

[0022] 本发明提出在系统关闭时利用高频电阻（HFR）测量来控制燃料电池堆 12 的空气吹扫的持续时间和流动速度。通过相当精确地掌握燃料电池堆 12 的湿度，吹扫可被控制成使得能够获得期望水平的系统关闭后的膜湿度。

[0023] 为了提供高频电阻测量，燃料电池系统 10 包括传感器 34，传感器 34 用于测量燃料电池堆输出上的高频部件的电阻，测量值被提供给控制器 36。控制器 36 通过公知的算法将电阻测量值转换成识别燃料电池堆 12 中的湿度水平的代表值。然后控制器 36 控制马达 16，从而控制压缩机 14 的速度和系统关闭时燃料电池堆 12 的吹扫的持续时间。

[0024] 在某些燃料电池系统中，例如在阳极流/切换燃料电池系统中，应用两个燃料电池子堆。因此，HFR 测量值对于两个燃料电池子堆来说可以是不相同的。对用于独立的燃料电池子堆的上述本发明的闭合回路控制来说，存在各种选择。例如，系统关闭时的吹扫的结束可以在两个燃料电池子堆之间的平均 HFR 测量值达到阈值时触发，例如，其中 HFR 测量值越高，膜的相对湿度越低。这些阈值可在 150-400 $m\Omega\text{-cm}^2$ 的量级，或更低或更高，这取决于燃料电池堆的水保持特性。如果燃料电池子堆相当均衡，那么膜的欠干燥比膜的过度干燥更关键，因此 HFR 测量值的阈值可基于达到 HFR 设定点的两个燃料电池子堆的最小值。如果过度干燥是关键，那么达到阈值的两个测量值的最大值可能是合适的。

[0025] 另一选择是寻求 HFR 测量值的缓慢变化。HFR 测量值已经被特征化为相当平坦地上升，然后急剧钩起。在这种情况下，斜率变化可触发吹扫的结束，或至少触发空气流的减小，以确保在压缩机减速 (spool down) 时燃料电池堆将不会被过度干燥。

[0026] 在关闭时系统 10 也可能在不容许冰的位置具有水。一个例子是阴极排放背压阀。冰可形成在阀叶片上，从而使阀因冻结而闭合，并导致没有下次起动的起动条件。如果系统需要最少的时间以使空气流将水推离，那么这些标准应当影响关闭时间。如果系统时间超过燃料电池堆过度干燥的阈值，那么系统可使用温度调节装置降低冷却流体温度以减慢膜的干燥速度。这将使系统在不过度干燥燃料电池堆的膜的情况下被干燥。

[0027] 系统关闭时的吹扫的另一关键特征是 RH 控制。如果在系统关闭时的空气吹扫期间干燥空气进入燃料电池堆 12，那么在阴极出口部分仍然非常潮湿的情况下，每个电池的阴极入口部分可能被过度干燥。为了在整个电池上获得良好的 RH 平衡，燃料电池堆湿度子系统控制应控制燃料电池堆的 RH 以在每个燃料电池上维持均匀的 RH 分布。为了实现这点，水缓冲模型可用于预测电池中的膜的 RH。使用这个模型和实验数据，吹扫期间的优选入口 RH 已被确定为 20% 到 40%。

[0028] 从膜中去除水的速度受到空气携带和保持水的能力的强烈影响，该速度是温度和压力的函数。一个启发式方案是，对于有效的吹扫，燃料电池的温度应超过 50° C。

[0029] 对于非常短的过程，例如在 2 分钟以下，尤其是如果燃料电池堆在点火开关接通时是冷的，则点火开关断开时燃料电池堆的温度可低于 50° C。在这些情况下，燃料电池堆 12 必须被加热以实现有效的系统关闭时的吹扫。

[0030] 若干方法可用于在点火开关断开时预热燃料电池堆。在很多情况下，燃料电池系统具有在冻结条件下用于帮助加热燃料电池堆的特征，例如冷却剂电加热器或用于将氢输送到阴极入口的装置。这些相同的装置可以在系统关闭时打开以将燃料电池堆的温度提升到最低温度，例如 50° C。一种可控的方法可以是在开始吹扫之前将温度提升到其最低值。

[0031] 顺序控制的替代方案是在燃料电池堆吹扫的同时实施燃料电池堆预热，从而减少总体关闭时间。在这种情况下，如果在任何时候满足了 HFR 标准，则预热和吹扫都结束，但是如果在满足 HFR 设定点之前满足了温度设定点，则燃料电池堆预热指令停止，但是吹扫空气流动继续。

[0032] 在任一情况下，都需要最大关闭时间标准以防止点火开关断开之后的过量操作，所述过量操作会对燃料使用和范围造成消极影响，尤其是在 HFR 读数错误的情况下。

[0033] 防止错误 HFR 测量值的另一种方法是使用嵌入在车载控制器中的动态膜湿度模型。这种模型可提供对膜湿度水平和 HFR 测量值的独立预测，并且为 HFR 测量提供支持。

[0034] 此外，使由于关闭吹扫而引起的操作时间 (run-on time) 及相关燃料使用最小化的另一种方式是当下次起动很可能处于冻结条件下时才执行充分吹扫。尽管这点难以确知，但是 GPS 和/或天气预报的使用可提供充足的保证。例如，对于美国南部的车辆来说，从六月到九月 - 特别是如果未来 10 日的天气预报显示最低温度在 15° C 以上的话，将不需要防止冰冻的系统关闭时的充分吹扫。

[0035] 前面的论述仅仅公开并描述了本发明的示例性实施方式。通过这些论述以及附图和权利要求书，本领域技术人员将容易地认识到，在不偏离所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下，可以做出各种改变、改型和变型。

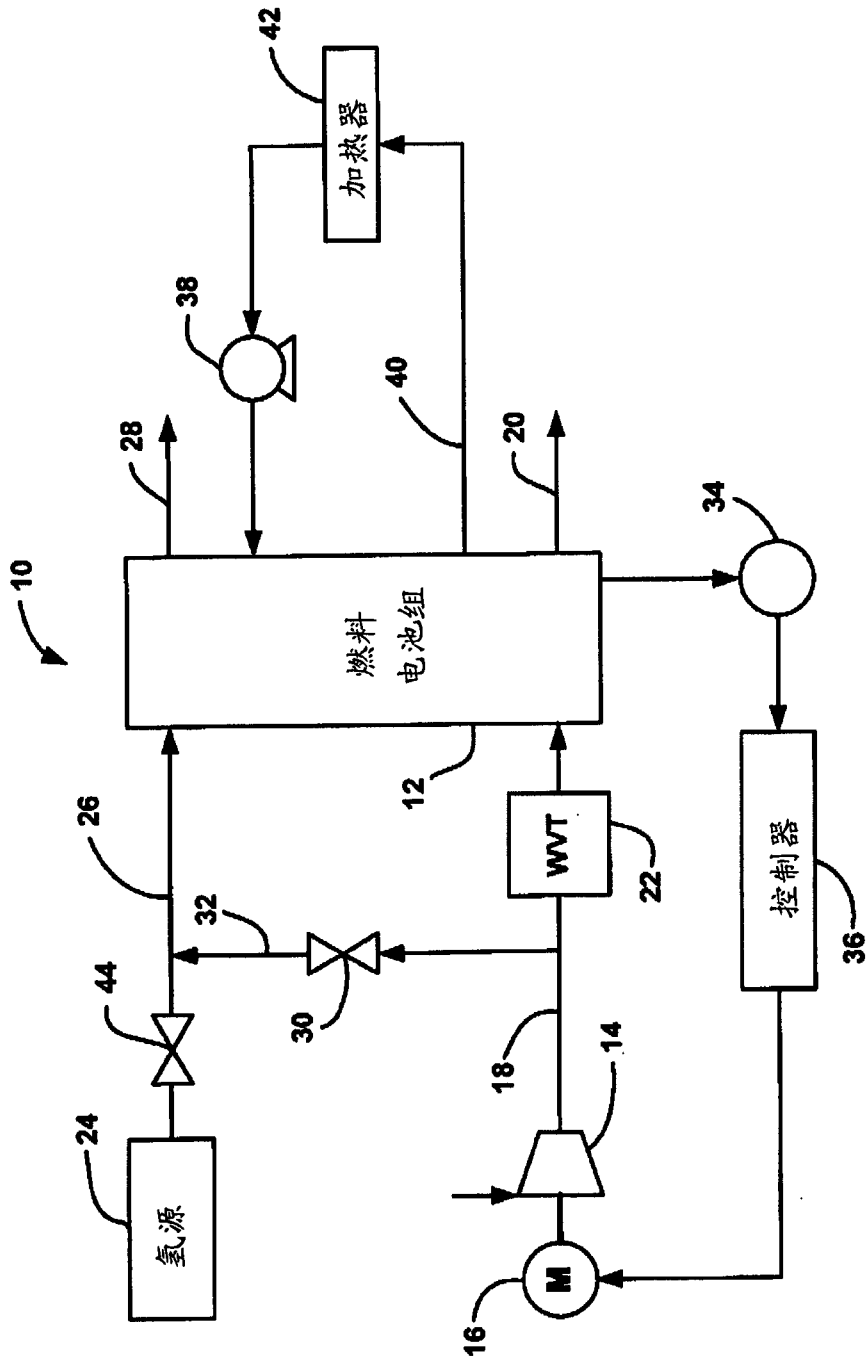


图 1