

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01M 8/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380100463.5

[45] 授权公告日 2009年4月8日

[11] 授权公告号 CN 100477357C

[22] 申请日 2003.12.3

[21] 申请号 200380100463.5

[30] 优先权

[32] 2002.12.3 [33] JP [31] 351274/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/015455 2003.12.3

[87] 国际公布 WO2004/051780 英 2004.6.17

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.11

[73] 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 上原哲也

[56] 参考文献

CA2293898A1 2000.7.5

US20020022167A1 2002.2.21

JP2002-93438A 2002.3.29

审查员 刘以成

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇 权鲜枝

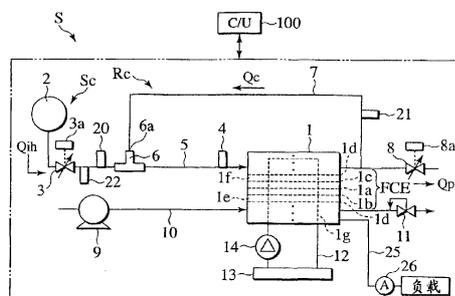
权利要求书3页 说明书12页 附图4页

[54] 发明名称

燃料电池系统

[57] 摘要

一种燃料电池系统，包括：燃料电池(1)；用于向燃料电池(1)提供燃料气体的供应系统(Sc)；用于从燃料电池(1)再循环未用过的燃料气体的再循环系统(Rc)，在再循环系统中的燃料气体含有氮；放泄阀(8)，用于排放出在再循环系统(Rc)中的燃料气体中所含的氮；和控制器(100)，用于调节放泄阀(8)的阀开口，从而使再循环系统(Rc)中的燃料气体的氮浓度保持恒定。



1. 一种燃料电池系统(S), 包括:

用于从被提供的燃料气体产生电能的燃料电池(1);

用于向燃料电池(1)提供含有氢的燃料气体的供应系统(Sc);

用于从燃料电池(1)再循环未用过的燃料气体的再循环系统(Rc), 在再循环系统(Rc)中的燃料气体含有氮;

放泄阀(8), 用于排放出在再循环系统(Rc)中的燃料气体中所含的氮; 和

控制器(100), 用于调节放泄阀(8)的阀开口, 其中, 所述控制器(100)被配置为:

根据燃料电池(1)的工作条件和放泄阀(8)的阀打开程度(V0)确定预定氢流量阈值(Qph0), 以及

将经过放泄阀(8)排出的氢的流量(Qph)控制到该氢流量阈值(Qph0), 从而使再循环系统(Rc)中的燃料气体的氮浓度(Cn)保持恒定。

2. 根据权利要求1的燃料电池系统, 其中, 所述控制器(100)被配置为: 如果经过放泄阀(8)的燃料气体的流量高于该氢流量阈值(Qph0), 则减小放泄阀(8)的阀开口, 如果经过放泄阀(8)的燃料气体的流量低于该氢流量阈值(Qph0), 则增大放泄阀(8)的阀开口。

3. 根据权利要求2的燃料电池系统, 其中, 所述控制器(100)被配置为: 放泄阀(8)的阀开口越大, 该氢流量阈值(Qph0)设定得就越大。

4. 根据权利要求2的燃料电池系统, 还包括:

温度传感器(21), 用于检测经过放泄阀(8)的燃料气体的温度,

其中, 随着由温度传感器(21)检测出的燃料气体温度的升高, 该氢流量阈值(Qph0)设定得更低。

5. 根据权利要求2的燃料电池系统, 还包括:

压力传感器(4), 用于检测在供应系统(Sc)中燃料气体的压力(Ph2),

其中，随着由压力传感器(4)检测出的燃料气体的压力的降低，该氢流量阈值(Qph0)设定得更低。

6. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中，所述控制器(100)被配置为：由从供应系统(Sc)提供的燃料气体的供应量(Qih)和由燃料电池(1)消耗的燃料气体的消耗量(Qeh)之间的差值获得经过放泄阀(8)的燃料气体的流量。

7. 根据权利要求6的燃料电池系统，还包括：

设置于再循环系统(Rc)中的喷射器(6)，所述供应系统(Sc)连接到该喷射器(6)；和

压力传感器(20)，用于检测提供给喷射器(6)的燃料气体的供应压力(Ph2)，

其中，根据由压力传感器(20)检测出的供应压力(Ph2)计算出燃料气体的供应量(Qih)。

8. 根据权利要求7的燃料电池系统，还包括：

温度传感器(22)，用于检测喷射器(6)上游的燃料气体的温度(Th2)；

其中，根据由温度传感器(22)检测出的燃料气体温度(Th2)和由压力传感器(20)检测出的燃料气体供应压力(Ph2)计算燃料气体的供应量。

9. 根据权利要求6的燃料电池系统，还包括：

用于供应到燃料电池(1)的燃料气体的燃料压力调节器(3)；

阀开口传感器(3a)，用于检测燃料压力调节器(3)的阀开口；和

压力传感器(23)，用于检测燃料压力调节器(3)上游的燃料气体的压力(Ph3)，

其中，根据由阀开口传感器(3a)检测出的燃料压力调节器(3)的阀开口和由压力传感器(23)检测出的燃料压力调节器(3)上游的燃料气体的压力(Ph3)计算出燃料气体的供应量。

10. 根据权利要求9的燃料电池系统，还包括：

温度传感器(28)，用于检测燃料压力调节器(3)上游的燃料气体的温度(Th3)，

其中，根据由阀开口传感器(3a)检测出的燃料压力调节器(3)的阀打开程度(V_r)、由压力传感器(23)检测出的燃料压力调节器(3)上游的燃料气体的压力(P_{h3})和由温度传感器(28)检测出的燃料气体的温度(T_{h3})计算出燃料气体的供应量。

11. 根据权利要求 6 的燃料电池系统，还包括：

安培计(26)，用于检测燃料电池(1)的输出电流(I)，

其中根据由安培计(26)检测出的输出电流(I)计算出燃料气体的消耗量(Q_{eh})。

12. 根据权利要求 6 的燃料电池系统，还包括：

安培计(26)，用于检测燃料电池(1)的输出电流(I)；和

压力传感器，用于检测燃料电池(1)上游或下游的燃料气体的压力，

其中，控制器(100)设置有用于获得由压力传感器检测出的燃料气体压力的变化速率(DP)的单元，和

其中，根据由安培计(26)检测出的输出电流(I)和由控制器(100)单元给出的燃料气体压力变化速率(DP)计算出燃料气体的消耗量(Q_{eh})。

燃料电池系统

技术领域

本发明涉及燃料电池系统，尤其涉及具有用于从燃料电池中再循环未用过的氢的封闭回路燃料再循环系统的燃料电池系统，在此系统中有效地排出了由于扩散而传输到燃料再循环系统的氮。

背景技术

在利用氢气作为其燃料电池堆的燃料的聚合物电解质燃料电池中，使燃料电池堆中没有使用的氢气返回至其供应线路，以便在封闭回路的燃料再循环系统中进行再循环。系统的氢气再循环是以超过其消耗量的速率向燃料电池堆提供氢气的，因此使燃料电池堆的发电更稳定。

日本专利申请 JP 特开 2001-266922 公开了一种燃料电池系统，其中，利用在燃料电池的供应线路上设置的喷射器再循环未用过的氢。

发明内容

在上述燃料电池系统中，当空气用作氧化剂时，由于扩散使得含在空气中的氮从阴极流动通道经过聚合物电解质膜传输到燃料电池堆的阳极流动通道，在燃料再循环系统的氢气中氮的浓度逐步增加。

当氢气中的氮浓度增加时，氢的分压降低，导致燃料电池系统的发电效率下降。经由喷射器再循环的氢量同样降低，严重影响了系统维持稳定的发电。

为了解决这一问题，可以采取设置放泄阀的方式，将放泄阀定期地打开以把含氢气的氮排放到大气中，从而放出燃料再循环系统中的氮。然而，当打开放泄阀时，氢和在氢气中的氮一起排出。如果放泄阀持续打开，燃料电池系统的性能会下降。

鉴于上述问题研制了本发明。本发明的目的是改善燃料电池系统的性能，在放掉由于扩散而传输到燃料再循环系统的氮的同时，控制

排放到燃料再循环系统之外的氢量。

本发明的一个方案是一种燃料电池系统，包括：用于由向其提供的燃料气体产生电能的燃料电池；用于向燃料电池提供含有氢的燃料气体的供应系统；用于从燃料电池再循环未用过的燃料气体的再循环系统，在再循环系统中的燃料气体含有氮；放泄阀，用于排放出在再循环系统中的燃料气体中所含的氮；和控制器，用于调节放泄阀的阀开口。所述控制器被配置为：根据燃料电池的工作条件和放泄阀的阀打开程度确定预定氢流量阈值，以及将经过放泄阀排出的氢的流量控制到该氢流量阈值，从而使再循环系统中的燃料气体的氮浓度保持恒定。

附图说明

现在参照附图描述本发明，其中：

图1是描述根据本发明第一实施例的燃料电池系统的结构的系统示意图。

图2是表示图1的燃料电池系统的控制的流程图。

图3是表示在燃料气体的温度和压力保持恒定的条件下、在燃料再循环系统中的氮浓度 C_n 和循环喷射的氢流量 Q_c 之间的关系的曲线。

图4是表示在燃料气体的温度和压力以及放泄阀8的阀打开程度保持恒定的条件下、在燃料再循环系统中的氮浓度 C_n 和放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系的曲线。

图5是表示在燃料气体的温度和压力以及在燃料再循环系统中的氮浓度保持恒定的条件下、在放泄阀8的阀打开程度 V_o 和放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系的曲线。

图6是表示在燃料再循环系统中的氮浓度、燃料气体压力以及放泄阀8的阀打开程度保持恒定的条件下、在燃料气体温度 Th_2 和放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系的曲线。

图7是表示在燃料再循环系统中的氮浓度、燃料气体的温度以及放泄阀8的阀打开程度保持恒定的条件下、在进口氢压力 Ph_2 和放出氢流量 Q_{ph} 之间的关系的曲线。

图8是表示根据本发明第二实施例的燃料电池系统结构的系统示意图。

具体实施方式

下面参照附图描述本发明的实施例，其中相同的构件相同的附图标记表示。

图1中所示的第一实施例的燃料电池系统S包括：燃料电池堆1，它由氢燃料气体产生电能；燃料箱2，用于存储燃料气体；喷射器6，泵送燃料气体用以在系统中再循环；和放泄阀8，通过将燃料气体与氮一起排放到大气中，放出在燃料气体中所含的氮。

在燃料电池堆1中，将阴极（作为氧化剂电极，或空气电极）1b和阳极（作为燃料电极）1c相互平行设置，并将聚合物电解质膜1a插在阳极和阴极之间。以此方式设置的这些元件总体构成燃料电池元件FCE。各燃料电池元件FCE进一步被一对隔板1d夹住。燃料电池堆1由相互层叠的多个这种被夹住的FCE构成。将燃料气体引入在阳极1c和隔板1d之间设置的阳极流动通道1f，将作为氧化剂的空气引入在阴极1b和隔板1d之间设置的阴极流动通道1e。

将燃料气体从燃料箱2经由可变节流氢压调节器3供应到燃料电池堆1，其中，由传感器3a检测其节流开口。由压力检测器4检测供应到燃料电池堆1的燃料气体的压力 P_{h2} ，并由控制器100将所述压力 P_{h2} 控制在适当范围内。

在调节器3和燃料电池堆1之间的供应线路5上设置喷射器6。将来自返回线路7连接到喷射器6的侧流口6a。喷射器6从回收线路7回收燃料电池堆1中未用过的燃料气体，并将其泵送至燃料电池堆1的进口。供应线路5、喷射器6、燃料电池堆1的阳极流动通路1f以及返回线路7共同构成燃料再循环系统Rc，燃料气体经由此系统Rc进行循环，由此提高了在燃料电池堆1中电化学反应的效率并使其更稳定的产生电能。

由于空气从阴极流动通道1e经由膜1a扩散到阳极流动通道1f，因此部分地传输了空气中所含的氮，并由此将氮引入到再循环系统Rc中。在放泄阀8中具有用于检测阀打开程度 V_0 的传感器8a，控制器100以检测出的阀打开程度 V_0 为基础控制阀开口，从而将在燃料循环

系统 Rc 中的氮浓度维持在适当范围内。下面描述用于控制放泄阀 8 的方法。

在喷射器 6 的上游设置有用于检测燃料气体的喷射器进口压力 Ph1 的压力传感器 20 和用于检测喷射器进口温度 Th1 的温度传感器 22。此外，在放泄阀 8 附近的燃料再循环系统 Rc 上设置有温度传感器 21，用于检测燃料气体的放泄阀进口温度 Th2。检测出的放泄阀进口温度 Th2 用于计算将在后面描述的流量阈值，以便确定放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 应增加还是降低。

用于向燃料电池堆 1 提供氧化剂空气的空气系统由压缩机 9、空气供应线路 10、燃料电池堆 1 的阴极流动通道 1e 和用作空气系统压力调节器的可变节流阀 11 构成。由压缩机 9 向系统引入空气，并将引入的空气通过空气供应线路 10 提供给燃料电池堆 1 的阴极流动通道 1e，在此处，空气中所含的氧扩散到阴极 1b 中，离子化，并与通过膜 1a 传输的氢离子（质子）发生电化学反应，生成水。在流出燃料电池堆 1 的阴极流动通道 1e 之后，空气与所形成的水一起通过可变节流阀 11 排放到空气系统的外部。

并且还设置冷却系统，用于去除由燃料电池堆 1 的电阻和电化学反应所产生的热量，冷却系统由冷却剂泵 14，散热器 13，在燃料电池堆 1 中设置的冷却剂通道 1g，以串联方式连接电池堆 1、冷却剂泵 14 和散热器 13 的冷却剂线路 12 构成。由冷却剂泵 14 泵送冷却剂，由此通过冷却系统进行循环。在流出燃料电池堆 1 中的冷却剂通道 1g 之后，冷却剂经过冷却剂通道 12 流到散热器 13，在此处冷却剂与大气进行热交换。

接下来，参照图 2 的流程描述在第一实施例中由控制器 100 控制阀开口以调节放泄阀 8 的阀打开程度 Vo。

在步骤 S1 中，确定在预定时间点放出氢的流量 Qph 是否等于或高于预定阈值 Qph0、或者是否在具有特定范围的阈值范围内或超过该阈值范围，所述放出氢的流量 Qph 是指在将从放泄阀 8 排放到系统之外的含氮燃料气体中氢的流量。下面描述氢流量 Qph 的计算方

法。如果放出氢的流量 Q_{ph} 等于或高于阈值 Q_{ph0} 、或在阈值范围内或超过该阈值范围，控制过程进行至步骤 S2。如果放出氢的流量 Q_{ph} 低于阈值 Q_{ph0} 或阈值范围，过程进行至步骤 S3。在步骤 S2 中，降低放泄阀 8 的阀打开程度 V_o ，以便减少燃料气体的排放量 Q_{pt} 。另一方面，在步骤 S3 中，增加放泄阀 8 的阀打开程度 V_o ，以便增大燃料气体的排放量 Q_{pt} 。

图 3 表示在燃料气体温度 Th_2 和燃料气体压力 Ph_2 保持恒定的条件下、在第一实施例中、在燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度 C_n 和喷射器循环氢流量 Q_c （即，经由喷射器 6 循环的燃料气体的氢流量）之间的关系。如图 3 所示，当在燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度 C_n 增加且在系统 R_c 中的燃料气体的氢分压降低时，降低了喷射器循环氢流量 Q_c 。这必须要打开放泄阀 8，从而放出系统中的氮，由此降低在燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度 C_n 。

假设 Q_{cr} 是燃料电池堆 1 进行稳定工作所需的最小喷射器循环氢流量，需要将燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度 C_n 控制为 C_{nr} 或更低，因此喷射器循环氢流量 Q_c 没有落到 Q_{cr} 以下。但是，当打开放泄阀 8 以便放出在燃料再循环系统 R_c 中的氮、由此降低燃料气体中的氮浓度 C_n 时，也会放出燃料气体中的氢，严重影响了燃料电池系统 S 的性能。

为了避免这一问题，需要在某种程度上降低在燃料再循环系统 R_c 的燃料气体中的氢浓度、增加其中的氮浓度 C_n 。为了适当调节阀打开程度 V_o 而对放泄阀 8 进行控制使燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度 C_n 稳定维持在 C_{nr} ，并将放出氢的流量 Q_{ph} 保持为必要的最小值。

图 4 表示在放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 和燃料气体温度 Th_2 、燃料气体压力 Ph_2 保持恒定的条件下、在第一实施例中、在燃料再循环系统 R_c 中的氮浓度和经由放泄阀 8 放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系。应理解，在此条件下，当系统 R_c 中的氮浓度 C_n 降低时，由于燃料气体中的氢分压升高，因此加快了放出氢的流量 Q_{ph} 。在这种情况下，通过控制放泄阀 8 以调节阀打开程度 V_o （如图 2 的流程所示），可将

放出氢的流量 Q_{ph} 保持在阈值 Q_{ph0} ，在燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 保持恒定。因此，可将排放到系统之外的氢量限制到最小。

图 5 表示在燃料气体温度 Th_2 、燃料气体压力 Ph_2 以及在燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 保持恒定的条件下、在第一实施例中、在放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 和放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系。如图 5 所示，在此条件下，随着放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 的提高，放出氢的流量 Q_{ph} 也趋于提高。具体而言，存在这样一种趋势：在恒定氮浓度的条件下，随着放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 的提高，放出氢的流量 Q_{ph} 也提高。因此，如果放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 在具有比较高的上限的较宽范围内是可变的，那么就进行修正以将在图 2 流程的步骤 $S1$ 中的阈值 Q_{ph0} 设定为较高值，这样就可以将燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 保持在恒定值。

图 6 表示在燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 、燃料气体压力 Ph 和放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 保持恒定的条件下、在第一实施例中、在燃料电池堆 1 下游的燃料气体温度 Th_2 （或由温度传感器 21 检测出的放泄阀进口温度）和放出氢的流量 Q_{ph} 之间的关系。由于燃料电池堆 1 是聚合物电解质燃料电池的叠层，因此在燃料再循环系统 Rc 中的燃料气体在接近放泄阀 8 的燃料电池堆 1 下游充分或几乎充分浸透水蒸汽，即在该处水蒸汽饱和或接近饱和。由于随着燃料气体温度 Th_2 的升高、燃料气体的饱和蒸汽压升高，因此燃料气体可包含更多的水蒸汽分子，从而使其平均分子量增加。因此，降低了燃料气体中的氢分压，减小了放出氢的流量 Q_{ph} ，如图 6 所示。

换句话说，在恒定氮浓度的条件下，由于燃料气体温度 Th_2 的升高，放出氢的流量 Q_{ph} 趋于降低。因此，如果燃料气体温度 Th_2 较高，那么就进行修正以将在图 2 的步骤 $S1$ 中的阈值 Q_{ph0} 设定为较低值，这样，无论燃料气体温度 Th_2 变化多少，都可以将燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 保持在恒定值。

图 7 表示在氮浓度 C_n 、燃料气体温度 Th_2 和放泄阀 8 的阀打开程度 Vo 保持恒定的条件下、在第一实施例中、在放出氢的流量 Q_{ph}

和燃料电池堆 1 的燃料气体供应压力 P_{h2} 之间的关系。如图 7 所示，在这种条件下，随着燃料气体供应压力 P_{h2} 的降低，放出氢的流量 Q_{ph} 趋于降低。具体而言，具有这样的趋势：在恒定的氮浓度条件下，随着燃料气体供应压力 P_{h2} 的降低，放出氢的流量 Q_{ph} 也降低。因此，如果燃料气体供应压力 P_{h2} 较低，那么就进行修正以将图 2 的步骤 S1 中的阈值 Q_{ph0} 设定为较低值，这样，无论燃料气体压力 P_{h2} 变化多少，都可以将燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 保持在恒定值。

下面，描述对于放出氢的流量 Q_{ph} 的计算方法。应注意，放出氢的流量 Q_{ph} 是由式子 $Q_{ph} = Q_{ih} - Q_{eh}$ 得到的余数，其中 Q_{ih} 是供应到燃料电池系统 S 的氢的流量， Q_{eh} 是在没有被放出的条件下消耗氢的流量。

首先，描述用于获得向燃料电池系统 S 提供的氢的流量 Q_{ih} 的方法。

通常，当调节器 3 处于扼流状态、其阀打开程度小时，可由调节器 3 上游的燃料气体的压力和温度计算经过调节器 3 的氢的流量。当调节器 3 处于疏通状态时，可由调节器 3 上游和下游的燃料气体压力以及其上游的燃料气体温度计算流量。在此第一实施例中，喷射器 6 具有在其内部的扼流喷嘴，用于从燃料箱 2、经由调节器 3 到达喷射器 6 的燃料气体供应系统 Sc。因此，可利用喷射器进口压力 P_{h1} 和喷射器出口压力（或电池堆的燃料气体供应压力） P_{h2} 计算供应氢的流量 Q_{ih} ，所述喷射器进口压力 P_{h1} 和喷射器出口压力 P_{h2} 分别是由在喷射器 6 的上游和下游设置的压力传感器 20 和 4 检测出的。

在所提供的燃料气体的温度在宽范围内变化的情况下，可通过对由设置在燃料气体供应系统 Sc 中的温度传感器 22 检测出的燃料气体温度 T_{h1} 进行修正的方式更精确地计算出供应氢的流量 Q_{ih} 。

下面，描述用于获得在没有被放出的条件下所消耗的氢的流量 Q_{eh} 的方法。

在燃料电池堆 1 中的氢消耗量与燃料电池堆 1 的输出电流 I 呈正比，输出电流 I 可通过在电路 25 中设置的安培计 26 进行检测。因此，

可由检测出的输出电流 I 计算在没有被放出的条件下所消耗的氢的流量 Q_{eh} 。

如上所述，在第一实施例中，由各传感器 8a、20、4、22 和 21 检测放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 、燃料气体压力 $Ph1$ 和 $Ph2$ 以及燃料气体温度 $Th1$ 和 $Th2$ 。这些检测值给出了放出氢的流量 Q_{ph} ，用作在燃料再循环系统 Rc 中氮浓度 C_n 的目标值 C_{nt} ，将该值设定为阈值 Q_{ph0} ，以与以规则的时间间隔检测出的放出氢的流量 Q_{ph} 进行比较。这里，放出氢的流量 Q_{ph} 相对于放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 、燃料气体压力 $Ph2$ 和燃料气体温度 $Th2$ 具有如图 5 至 7 所示的变化趋势。因此，放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 越大，阈值 Q_{ph0} 设定得越高；燃料气体温度 $Th2$ 越高，燃料气体压力 $Ph2$ 越低，阈值 Q_{ph0} 设定得越低。

根据第一实施例，将在燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 控制为恒定。因此，防止了由于过量的排放氮而造成与排放氮一起浪费地放出氢，从而有助于燃料电池系统 S 的稳定放电。

并且，将通过放泄阀 8 放出的氢的流量 Q_{ph} 控制在阈值 Q_{ph0} ，该阈值是根据工作条件和放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 确定的。因此，能够在没有利用任何氮浓度传感器的条件下将燃料再循环系统 Rc 中的氮浓度 C_n 控制为恒定值。抑制了氢的排放，提高了燃料电池系统 S 的工作效率。

此外，放泄阀 8 的阀打开程度 V_o 越大，用于调节阀打开程度 V_o 的阈值 Q_{ph0} 设定得越高，因此，即使放泄阀 9 的阀打开程度 V_o 在宽范围内变化，也能够抑制氢的排放量，由此提高了燃料电池系统 S 的工作效率。

而且，设置温度传感器 21 以检测经过放泄阀 8 的燃料气体温度 $Th2$ 。燃料气体温度 $Th2$ 越高，用于调节阀打开程度 V_o 的阈值 Q_{ph0} 设定得越低。即使燃料气体温度 $Th2$ 变化，也抑制了氢的排放量，由此提高了燃料电池系统 S 的工作效率。

而且，设置压力传感器 4 以检测燃料气体供应压力 $Ph2$ 。燃料气体供应压力 $Ph2$ 越低，将阈值 Q_{ph0} 设定得越低。因此，无论燃料气

体压力变化多少，都抑制了氢的排放量，由此提高了燃料电池系统 S 的工作效率。

再有，经过放泄阀 8 的氢的流量（即，放出氢的流量 Q_{ph} ）被计算为 Q_{ih} （即，供应到燃料电池系统 S 的氢的流量）和 Q_{eh} （即，在没有被放出的情况下所消耗的氢的流量）之差。这不再需要设置用于测量放出燃料气体的流量的流量计，而是通过常用的压力传感器 4 和 22 以及温度传感器 22 获得精确的放出氢流量 Q_{ph} ，由此节省了成本。

再有，由喷射器进口压力 $Ph1$ 和喷射器出口压力 $Ph2$ 计算向燃料电池系统 S 提供氢的流量 Q_{ih} 。这不再需要设置用于测量所供应氢的流量的流量计，由此节省了成本。

由于以喷射器 6 上游的燃料气体温度 $Th1$ 为基础对供应氢流量 Q_{ih} 进行了修正，因此提高了计算供应氢流量 Q_{ih} 的精确性。

此外，通过以由普通安培计 26 检测出的燃料电池堆 1 的输出电流 I 为基础计算得出除了排放出的氢之外的精确耗氢流量，因此节省了成本。

图 8 是根据本发明第二实施例的燃料电池系统 S 的结构示意图。第二实施例的燃料电池系统 S 与图 1 所示的第一实施例的不同点在于，在第二实施例中设置有压力传感器 23 以检测调节器 3 上游的燃料气体的压力。利用调节器进口压力 $Ph3$ 和调节器出口压力（或喷射器进口压力） $Ph2$ 计算供应氢的流量 Q_{ih} ，压力 $Ph3$ 和 $Ph2$ 分别由设置在调节器 3 上游和下游的压力传感器 23 和 20 进行检测。在图 8 中，与图 1 相同参考标记表示的元件具有相同的功能。

在此实施例中，给出由用于控制调节器 3 的打开 / 关闭的控制器 100 检测出的调节器 3 的阀打开程度 V_r ，根据阀打开程度 V_r 、调节器进口压力 $Ph3$ 和调节器出口压力 $Ph2$ 计算提供氢的流量 Q_{ih} ，这类似于由喷射器进口压力 $Ph1$ 和出口压力 $Ph2$ 获得相同流量 Q_{ih} 的情况。

当调节器 3 的阀打开程度 V_r 足够小以使调节器 3 处于扼流状态时，仅由调节器进口压力 $Ph3$ 计算提供氢的流量 Q_{ih} 。当调节器进口

压力 P_{h3} 处于疏通状态时, 由调节器进口压力 P_{h3} 和调节器出口压力 P_{h2} 计算提供氢的流量 Q_{ih} 。在第二实施例中, 在燃料电池堆 1 的冷却剂通道 12 中设置温度传感器 24 以检测冷却剂温度 T_w 。由于燃料气体和冷却剂在燃料电池堆 1 中交换热量, 因此冷却剂温度 T_w 和燃料气体温度 T_{h2} 几乎彼此相等, 可以采用冷却剂温度 T_w 作为燃料气体温度, 由冷却剂温度估算燃料气体温度。此外, 冷却剂以液体形式, 这要比气体更灵敏地进行温度测量。即使由于在燃料电池系统 S 上的负载迅速变化而造成冷却剂温度 T_w 变化, 冷却剂也要比燃料气体提供更精确的温度测量。

与第一实施例类似, 在燃料气体供应系统 S_c 的调节器 3 上游设置温度传感器 28, 以检测燃料气体温度 T_{h3} 。对于变化的供应燃料气体的温度 T_{h3} , 可根据检测出的燃料气体温度 T_{h3} 对更精确供应氢的流量 Q_{ih} 进行修正。

根据第二实施例, 以设置在燃料气体供应系统 S_c 中的调节器 3 的阀打开程度 V_r 、调节器进口压力 P_{h3} 和调节器出口压力 P_{h2} 为基础, 计算提供给燃料电池系统 S 的氢流量 Q_{ih} 。因此, 在没有采用用于检测燃料气体流量的流量传感器的条件下, 抑制了氢的排放量, 由此提高了燃料电池系统 S 的工作效率。此外, 以燃料气体温度 T_{h3} 为基础进行的修正提供了更精确的供应氢 Q_{ih} 流量。

接下来, 描述本发明的第三实施例。

第三实施例与第一或第二实施例的不同点在于, 改进了对作为由燃料电池堆 1 发电所需氢消耗量的 Q_e 的计算。如上所述, 根据 Q_e 计算出 Q_{eh} (即, 在没有被排放的情况下被消耗氢的流量)。其它元件与第一或第二实施例中的相同。

用于车辆的燃料电池系统 S 需要应对在系统 S 上的负载的迅速变化并能够根据负载变化调节燃料电池堆 1 的输出。相应于其输出的变化, 对供应到燃料电池堆 1 的燃料气体的压力 P_{h2} 进行控制。为了提高燃料气体的供应压力, 必须以高于 Q_{eh} (它是由燃料电池堆 1 发电而氢消耗量 Q_e 计算出的) 的速率将氢供应给燃料再循环系统 R_c 。另

一方面，为了降低燃料气体的供应压力，将供应到系统 Rc 的氢量降低至 Q_{eh} 以下。在仅考虑由燃料电池堆 1 发电消耗氢的量 Q_e 的情况下，不可能在燃料气体压力 P_{h2} 升高或降低的同时精确计算出在过渡时期内放出氢的流量 Q_{ph} 。

这里，在为了增加和降低系统 Rc 中的燃料气体压力 P_{h2} 而改变 Q_{ih} （即，供应到燃料再循环系统 Rc 的氢的流量）的同时，在所提供的氢流量 Q_{ih} 和由燃料电池堆 1 发电而消耗氢的量 Q_e 之间的差值与改变燃料气体压力 P_{h2} 的压力变化率或压力差 DP（即，在根据燃料电池堆 1 的所需输出确定的目标燃料气体压力和现存的燃料气体压力之间的差值）成正比。具体而言，由下式表示供应氢的流量 Q_{ih} ：

$$Q_{ih} = Q_e + C \times DP$$

其中 C 是根据燃料电池系统 S 的燃料再循环系统 Rc 的容量确定的常数。由图 1 和 7 的压力传感器 4 检测燃料气体压力 P_{h2} 。因此，通过提供用于获得在控制器 100 中的燃料气体压力 P_{h2} 的压力差 DP 的单元，可根据压力差 DP 计算出当燃料气体压力 P_{h2} 改变时的过渡时期内所提供的氢流量 Q_{ih} 。

根据第三实施例，即使燃料气体压力 P_{h2} 发生变化，也能够精确计算出提供氢的流量 Q_{ih} 。因此，可更精确地计算出排放出氢的流量 Q_{ph} ，有助于在燃料再循环系统 Rc 中氮浓度 C_n 的精确控制。

虽然在第一至第三实施例中采用喷射器 6 循环燃料气体，但是本发明也可应用于利用如泵或鼓风机循环燃料气体的情况。

即使在利用泵或鼓风机的情况下，类似于利用喷射器 6 的情况，在氢循环系统 Rc 中氮浓度 C_n 的升高造成在系统中氢分压的下降，这种情况必须加快供应氢的流量 Q_{ih} 。即使在这种情况下，类似于第二实施例，通过根据调节器 3 的阀打开程度 V_r 、调节器进口压力 P_{h3} 和调节器出口压力 P_{h2} 的计算，进行对所供应氢流量 Q_{ih} 的调节，给出关闭放泄阀 8 的最佳时间。

此外，用于检测燃料气体压力的传感器可以不设置在燃料电池堆 1 的上游，而是设置在它的下游。尤其是在燃料电池堆 1 的燃料气体

的压力损耗大的情况下，电池堆 1 上游的燃料气体压力检测提供了更精确的控制。

此外，在系统中使用的燃料气体不限于由燃料箱 2 提供的氢气，还可以是由重整器产生的氢气。

本发明涉及 2002 年 12 月 3 日的日本专利申请 2002-351274 的主题，在此将其描述的全部内容应作参考。

在此描述的优选实施例是示意性的而并非限制性的，在不脱离本发明的实质和主要特点的情况下可以其它方式实施或体现本发明。由权利要求书限定本发明的范围，权利要求书涵盖在其范围内的所有变化。

工业实用性

根据本发明，燃料电池系统 S 具有用于再循环燃料气体的系统 Rc，其中设置放泄阀 8，以放出由于扩散而传输到系统 Rc 中的氮，由此与氮一起放出燃料气体。对放泄阀 8 进行控制以调节其阀打开程度，从而使系统 Rc 中的氮浓度保持恒定，由此抑制与燃料气体一起排放到系统之外的氢量，提高了燃料电池系统 S 的性能。

图1

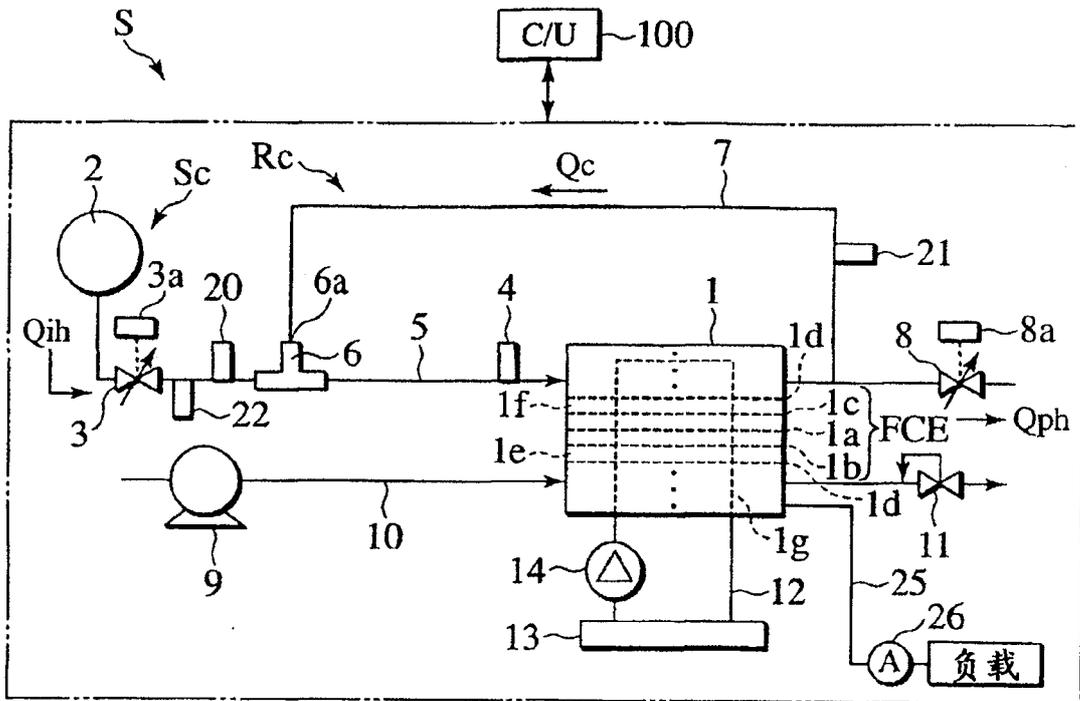


图2

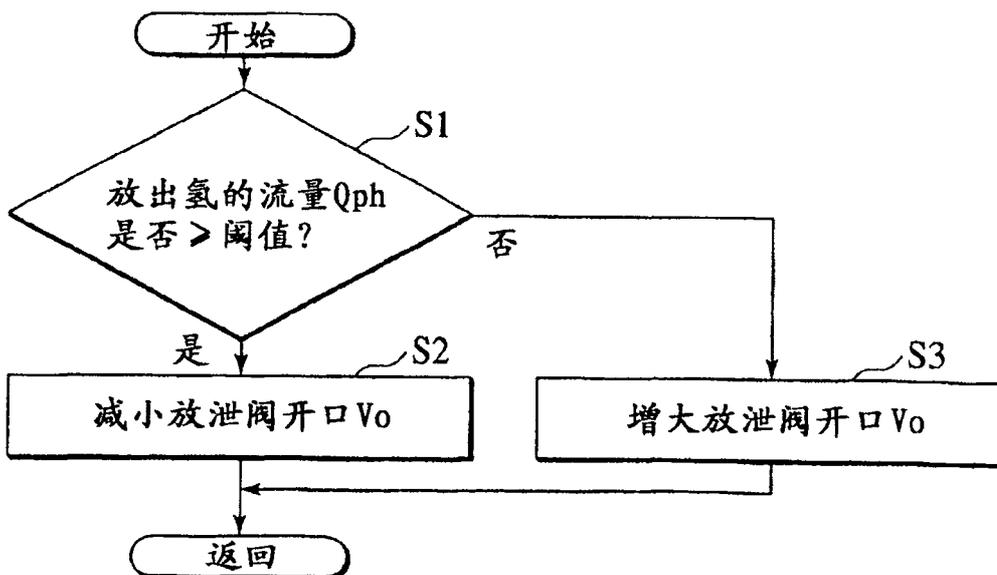


图 3

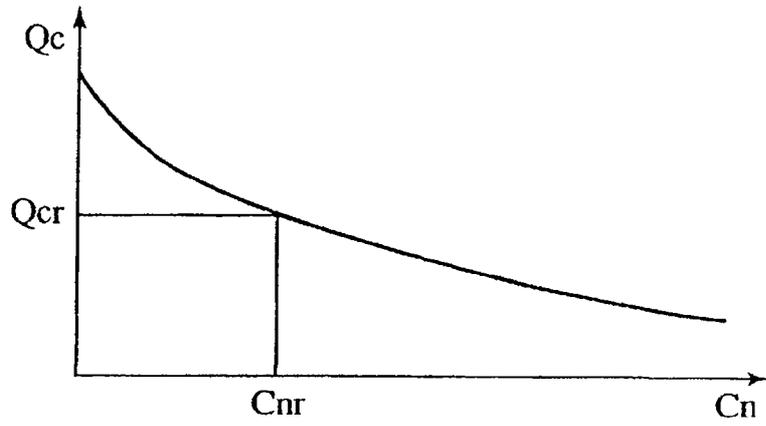


图 4

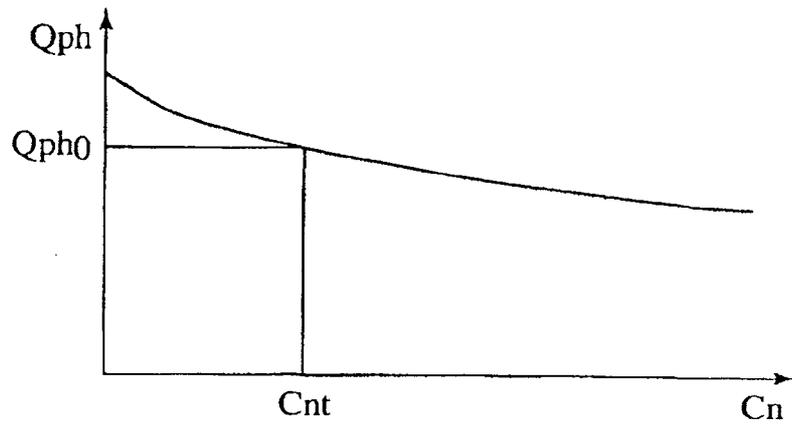


图 5

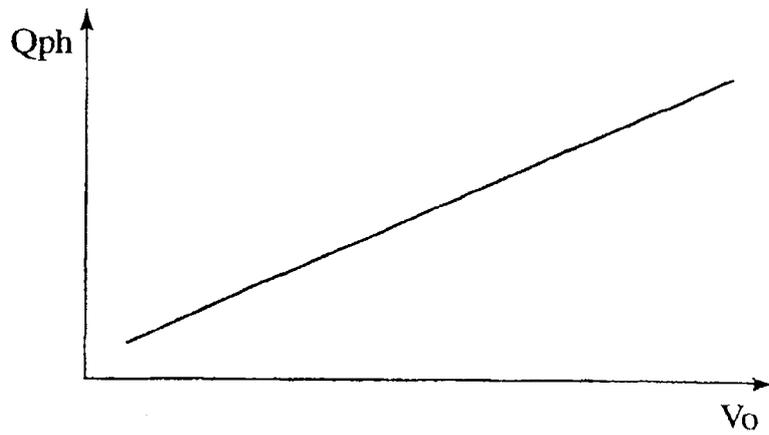


图6

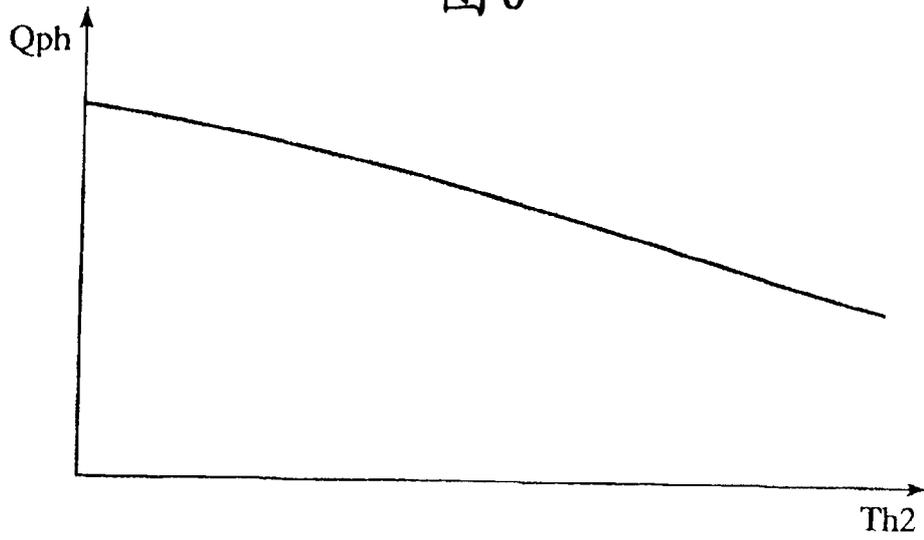


图7

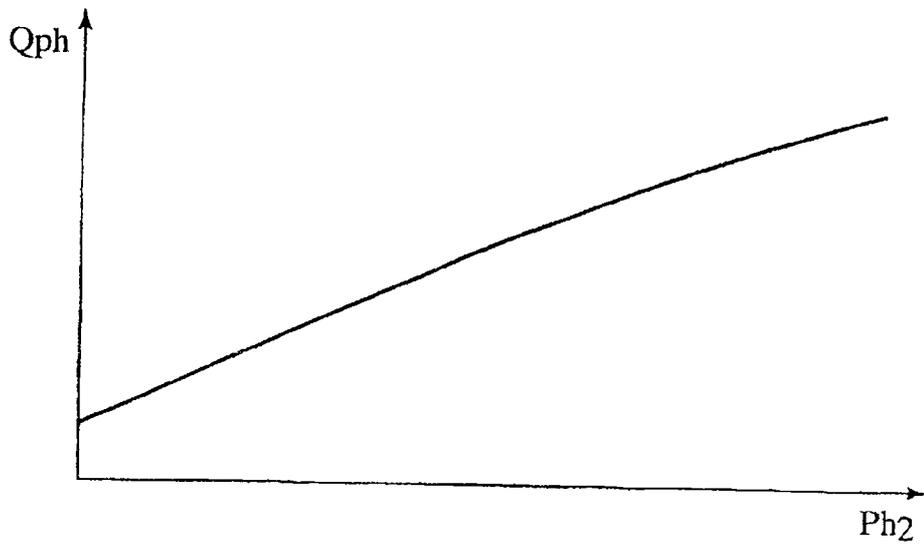


图 8

