



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113206273 A

(43) 申请公布日 2021.08.03

(21) 申请号 202110412777.9

(22) 申请日 2021.04.16

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 涂正凯 赵俊杰 常华伟 李政翰

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 孔娜 尚威

(51) Int. Cl.

H01M 8/04119 (2016.01)

H01M 8/0438 (2016.01)

H01M 8/04492 (2016.01)

H01M 8/04828 (2016.01)

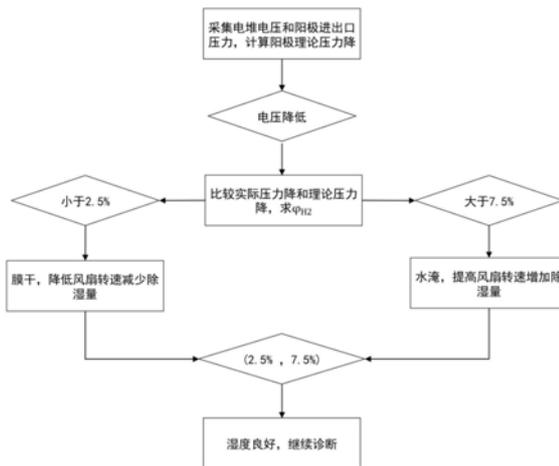
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种燃料电池尾气湿度自动调节方法和系统

(57) 摘要

本发明属于燃料电池技术领域,并具体公开了一种燃料电池尾气湿度自动调节方法和系统,其包括步骤:S1、对燃料电池尾气进行除湿,并实时测量燃料电池的实际阳极压力降,根据实际阳极压力降和理论阳极压力降计算偏离比;S2、根据偏离比判断电堆内部水量,进而调节尾气除湿量,从而实现燃料电池尾气湿度自动调节。本发明通过电堆阳极压力降在线诊断电池内的水淹/膜干情况,进而调整除湿器除湿量从而调节尾气冷凝的程度,实现平衡电堆内部的水蒸气平衡,既保持质子交换膜合适的水合度,而又不至于发生水淹现象,保证燃料电池电堆的正常工作。



1. 一种燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、对燃料电池尾气进行除湿,并实时测量燃料电池的实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$ ,根据实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$  和理论阳极压力降  $\Delta P_{H2}$  计算偏离比  $\varphi_H$ :

$$\varphi_H = \frac{\Delta P_{H1} - \Delta P_{H2}}{\Delta P_{H2}};$$

S2、根据偏离比  $\varphi_H$  判断电堆内部水量,进而调节尾气除湿量,从而实现燃料电池尾气湿度自动调节。

2. 如权利要求1所述的燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,所述S2中,当  $\varphi_H < 2.5\%$  时,电堆内部发生膜干,减少尾气除湿量;当  $2.5\% \leq \varphi_H \leq 7.5\%$  时,电堆内部水量合适,保持当前尾气除湿量;当  $\varphi_H > 7.5\%$  时,电堆内部发生水淹,增加尾气除湿量。

3. 如权利要求2所述的燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,当  $\varphi_H > 20\%$  时,电堆内部水淹严重,增加尾气除湿量的同时,增加燃料电池进气量或将燃料电池停机。

4. 如权利要求1所述的燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,所述S1中,先检测燃料电池的电堆电压,当电堆电压出现大幅下降并伴随剧烈波动时,认为燃料电池内部出现问题,再判断偏离比。

5. 如权利要求1所述的燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,在对燃料电池尾气出口进行除湿时,通过冷却风扇强行将尾气冷却至低温,从而达到除湿的目的。

6. 如权利要求1-5任一项所述的燃料电池尾气湿度自动调节方法,其特征在于,所述理论阳极压力降  $\Delta P_{H2}$  计算方式如下:

$$\Delta P_{H2} = \frac{1.1748 \times 10^{-9} (C_w + C_d)^2 L e^{\frac{T}{275.7}}}{n (C_w \cdot C_d)^3 (P - P_{sat}) P^{0.0263}} (\lambda_{H2} - 0.5) I$$

其中,L为单条流道长度,n为流道数,p为氢气压力, $\lambda_{H2}$ 为氢气过量系数, $P_{sat}$ 为水蒸气的饱和压力, $C_w$ 和 $C_d$ 为通道的宽度和深度,T为燃料电池温度,I为电流强度。

7. 一种用于实现如权利要求1-6任一项所述燃料电池尾气湿度自动调节方法的系统,其特征在于,包括除湿器、压力传感器和控制器,其中:

所述除湿器安装在燃料电池阴极出口,所述压力传感器安装在燃料电池阳极进出口,所述控制器与所述除湿器和所述压力传感器连接,该控制器用于根据压力传感器测得的压力调节除湿器的除湿量。

8. 如权利要求7所述的系统,其特征在于,还包括电压巡检装置,该电压巡检装置用于实时测量电堆电压。

9. 如权利要求7所述的系统,其特征在于,所述除湿器为冷却风扇,该冷却风扇的气体入口与燃料电池阴极出口连接,冷却风扇的气体出口与外部大气连通。

10. 如权利要求7-9任一项所述的系统,其特征在于,燃料电池阳极出口也安装有除湿器,该除湿器的气体入口与燃料电池阳极出口连接,气体出口依次通过氢气缓冲罐、氢气循环泵与燃料电池阳极入口连接。

## 一种燃料电池尾气湿度自动调节方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于燃料电池技术领域,更具体地,涉及一种燃料电池尾气湿度自动调节方法和系统。

### 背景技术

[0002] 质子交换膜燃料电池具有能量转换效率高、可靠性高、无污染、应用范围广等优点被誉为新一代优秀动力源,已经得到了许多工业大国的重视。当前,燃料电池车企都在大幅提高燃料电池的工作电流密度来获得更高的电池性能与比功率密度,同时简化电池加湿系统。

[0003] 然而,在运行过程中阴极持续不断地生成水,当水蒸气分压达到其饱和蒸气压时会有液态水生成,尤其是在高电流密度下反应生成液态水的速率更快。若液态水不能及时排出将会引起“水淹”,生成的液态水会覆盖在催化层反应区域,限制了氧气与催化层接触进行反应。此外,液态水会堵塞流道,影响气体流动,引起电堆的性能衰减及其运行稳定性变差,严重“水淹”将导致电池反极,加速电池性能衰减,缩短电池寿命,甚至引发燃料电池的使用安全问题。同时,现有的尾气冷凝除湿系统缺乏自动适应性,会造成过度除湿或除湿不足,进而导致膜脱水或电池水淹。基于此题,亟需一种高电流密度下燃料电池湿度的自动调节方法和系统。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种燃料电池尾气湿度自动调节方法和系统,其目的在于,在电堆出口增加尾气除湿装置,并通过电堆阳极压力降在线诊断电池内的水淹/膜干情况,进而调整除湿器除湿量从而调节尾气冷凝的程度,实现平衡电堆内部的水蒸气平衡,既保持质子交换膜合适的水合度,而又不至于发生水淹现象。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明的一方面,提出了一种燃料电池尾气湿度自动调节方法,包括如下步骤:

[0006] S1、对燃料电池尾气进行除湿,并实时测量燃料电池的实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$ , 根据实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$  和理论阳极压力降  $\Delta P_{H2}$  计算偏离比  $\varphi_H$ :

$$[0007] \quad \varphi_H = \frac{\Delta P_{H1} - \Delta P_{H2}}{\Delta P_{H2}};$$

[0008] S2、根据偏离比  $\varphi_H$  判断电堆内部水量,进而调节尾气除湿量,从而实现燃料电池尾气湿度自动调节。

[0009] 作为进一步优选的,所述S2中,当  $\varphi_H < 2.5\%$  时,电堆内部发生膜干,减少尾气除湿量;当  $2.5\% \leq \varphi_H \leq 7.5\%$  时,电堆内部水量合适,保持当前尾气除湿量;当  $\varphi_H > 7.5\%$  时,电堆内部发生水淹,增加尾气除湿量。

[0010] 作为进一步优选的,当  $\varphi_H > 20\%$  时,电堆内部水淹严重,增加尾气除湿量的同时,

增加燃料电池进气量或将燃料电池停机。

[0011] 作为进一步优选的,所述S1中,先检测燃料电池的电堆电压,当电堆电压出现大幅下降并伴随剧烈波动时,认为燃料电池内部出现问题,再判断偏离比。

[0012] 作为进一步优选的,在对燃料电池尾气出口进行除湿时,通过冷却风扇强行将尾气冷却至低温,从而达到除湿的目的。

[0013] 作为进一步优选的,所述理论阳极压力降  $\Delta P_{H_2}$  计算方式如下:

$$[0014] \quad \Delta P_{H_2} = \frac{1.1748 \times 10^{-9} (C_w + C_d)^2 L e^{\frac{T}{275.7}}}{n (C_w \cdot C_d)^3 (P - P_{sat}) P^{0.0263}} (\lambda_{H_2} - 0.5) I$$

[0015] 其中,L为单条流道长度,n为流道数,p为氢气压力, $\lambda_{H_2}$ 为氢气过量系数, $P_{sat}$ 为水蒸气的饱和压力, $C_w$ 和 $C_d$ 为通道的宽度和深度,T为燃料电池温度,I为电流强度。

[0016] 按照本发明的另一方面,提供了一种用于实现上述燃料电池尾气湿度自动调节方法的系统,包括除湿器、压力传感器和控制器,其中:

[0017] 所述除湿器安装在燃料电池阴极出口,所述压力传感器安装在燃料电池阳极进出口,所述控制器与所述除湿器和所述压力传感器连接,该控制器用于根据压力传感器测得的压力调节除湿器的除湿量。

[0018] 作为进一步优选的,还包括电压巡检装置,该电压巡检装置用于实时测量电堆电压。

[0019] 作为进一步优选的,所述除湿器为冷却风扇,该冷却风扇的气体入口与燃料电池阴极出口连接,冷却风扇的气体出口与外部大气连通。

[0020] 作为进一步优选的,燃料电池阳极出口也安装有除湿器,该除湿器的气体入口与燃料电池阳极出口连接,气体出口依次通过氢气缓冲罐、氢气循环泵与燃料电池阳极入口连接。

[0021] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,主要具备以下的技术优点:

[0022] 1.本发明通过在燃料电池尾气出口增加尾气除湿设备,在电堆内部与电堆出口气体之间强制形成高水蒸气浓度梯度差,使电池内部的液态水不断蒸发成水蒸气以维持电堆内部水蒸气平衡,从而达到缓解燃料电池电堆水淹的目的;并进一步通过电堆阳极压力降在线诊断电池内的水淹/膜干情况,进而调整除湿器除湿量从而调节尾气冷凝的程度,实现平衡电堆内部的水蒸气平衡,既保持质子交换膜合适的水合度,而又不至于发生水淹现象。

[0023] 2.压力降是由于电堆内部气体流动不畅产生的,因此本发明方法可解决采用湿度计只能测量进出口水量,而不能准确判断电堆内部是否水淹的问题;同时由于阴极水量较多,测量压力不准确,且阳极侧气体流量远远小于阴极,因此阳极气体压力降对水含量的变化更加敏感,故本发明在电堆阳极进出口安装压力传感器,可以准确测量压力情况。

[0024] 3.本发明尾气除湿方法,对不同温度下电堆的性能均起到改善作用,尤其是在高电流密度下电堆性能增加得更加明显;同时可以周期性循环,对电堆尾气实现连续地循环除湿。

[0025] 4.本发明给出了根据阳极压力降调整除湿器的具体判断方法,可据此对不同阳极压力降情况进行具体对应操作,从而使电堆内水量始终维持在合适范围,这样一方面避免

水淹,进而影响燃料电池性能和寿命;另一方面可以根据实际工况调整冷凝析出液态水的速率,保持适宜的少量水,防止过度除湿导致质子交换膜脱水,导致电堆性能下降。

[0026] 5.由于正常工作时,电堆电压保持稳定,故本发明将燃料电池电堆电压作为水故障的辅助参数,可在进行电池内部水含量判断之前先进行电压判断,当电堆电压发生故障时再判断阳极压力降,可以减少系统的计算量,加快判断和反馈速度,增加判断的合理性,同时,当对尾气湿度进行调节后,观察电压是否回到正常值,可以增加调节的可靠性和准确性,并排除其他故障情况。

[0027] 6.本发明具体采用冷却风扇进行除湿,反馈调节尾气除湿量只需要调节出口处换热风扇的转速,可以快速准确的对除湿量进行调节,避免了调节其他参数的问题,如调节进气参数(温度、压力和相对湿度等)来除湿,会增加系统的复杂度,且燃料电池电压与进气参数具有强相关性,改变进气参数会导致电池电压波动。

### 附图说明

[0028] 图1为本发明实施例燃料电池尾气湿度自动调节系统结构示意图;

[0029] 图2为本发明实施例燃料电池尾气湿度自动调节方法流程图。

[0030] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:1-燃料电池电堆,2-除湿器,3-氢气缓冲罐,4-氢气循环泵,5-控制器,6-电压巡检装置,7-压力传感器。

### 具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0032] 本发明实施例提供一种燃料电池尾气湿度自动调节系统,如图1所示,包括除湿器2、压力传感器7、电压巡检装置6和控制器5,其中:

[0033] 所述除湿器2安装在燃料电池电堆1阴极出口,或同时安装在阴极出口和阳极出口,通过在尾气出口加装尾气除湿设备,在电堆内部与电堆出口气体之间强制形成高水蒸气浓度梯度差,使电池内部的液态水不断蒸发成水蒸气以维持电堆内部水蒸气平衡。具体的,对于安装在阴极出口的除湿器,该除湿器的气体入口与燃料电池阴极出口连接,气体出口与外部大气连通;对于安装在阳极出口的除湿器,除湿器的气体入口与燃料电池阳极出口连接,气体出口依次通过氢气缓冲罐3、氢气循环泵4与燃料电池阳极入口连接,用以回收未反应的氢气,提高氢气的利用率。优选的,除湿器为冷却风扇,采用冷却风扇强制对流冷凝换热,即通过冷却风扇强行将尾气冷却至低温,从而达到除湿的目的。

[0034] 所述压力传感器7安装在燃料电池阳极进出口,用以实时测量电堆进出口的压力,进而得到实际阳极压力降;所述电压巡检装置6用于实时测量电堆电压;所述控制器5与所述除湿器、压力传感器连接,该控制器用于根据压力传感器测得的压力调节除湿器的除湿量。

[0035] 本发明实施例提供一种燃料电池尾气湿度自动调节方法,如图2所示,包括如下步骤:

[0036] S1、电堆中反应后的尾气通过管道进入换热器,通过启动冷却风扇强行将尾气冷却至低温,强制电堆与换热器间形成高的水蒸气浓度差,从而加速电堆内部液态水的转移;同时,实时检测燃料电池的电堆电压,当电堆电压出现大幅下降并伴随剧烈波动时,具体为,当电压下降超过30%且电压上下波动超过10%,则认为燃料电池内部出现问题,转入步骤S2;

[0037] S2、实时测量燃料电池的实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$ ,根据实际阳极压力降  $\Delta P_{H1}$  和理论阳极压力降  $\Delta P_{H2}$  计算偏离比  $\varphi_H$ :

$$[0038] \quad \varphi_H = \frac{\Delta P_{H1} - \Delta P_{H2}}{\Delta P_{H2}};$$

[0039] S3、根据偏离比  $\varphi_H$  判断电堆内部水量,进而调节尾气除湿量,具体的:当  $\varphi_H < 2.5\%$  时,电堆内部发生现象,应降低风扇转速减少冷凝除湿量;当  $2.5\% \leq \varphi_H \leq 7.5\%$  时,电堆内部水量合适,水量既可适当加湿膜,避免膜脱水,而又不至于发生水淹现象,保持当前风扇转速;当  $7.5\% < \varphi_H \leq 20\%$  时,电堆内部发生水淹,需及时增加风扇转速以增加冷凝除湿量,移除多余的液态水;当  $\varphi_H > 20\%$  时,电堆内部水淹严重,应进一步提高风扇转速增加冷凝除湿量,以及增加燃料电池进气量或将燃料电池停机来缓解水淹,从而实现燃料电池尾气湿度自动调节。

[0040] 具体的,所述理论阳极压力降  $\Delta P_{H2}$  计算方式如下:

$$[0041] \quad \Delta P_{H2} = \frac{1.1748 \times 10^{-9} (C_w + C_d)^2 L e^{\frac{T}{275.7}}}{n (C_w \cdot C_d)^3 (P - P_{sat}) P^{0.0263}} (\lambda_{H2} - 0.5) I$$

[0042] 其中,L为单条流道长度,n为流道数,p为氢气压力, $\lambda_{H2}$ 为氢气过量系数, $P_{sat}$ 为水蒸气的饱和压力, $C_w$ 和 $C_d$ 为通道的宽度和深度,T为燃料电池温度,I为电流强度。

[0043] 本领域的技术人员容易理解,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、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

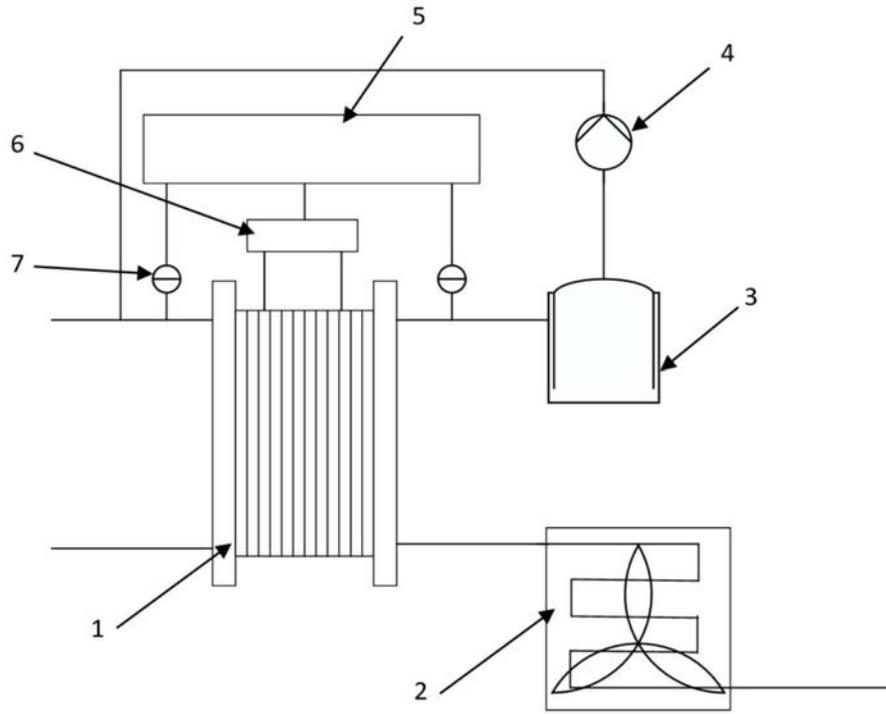


图1

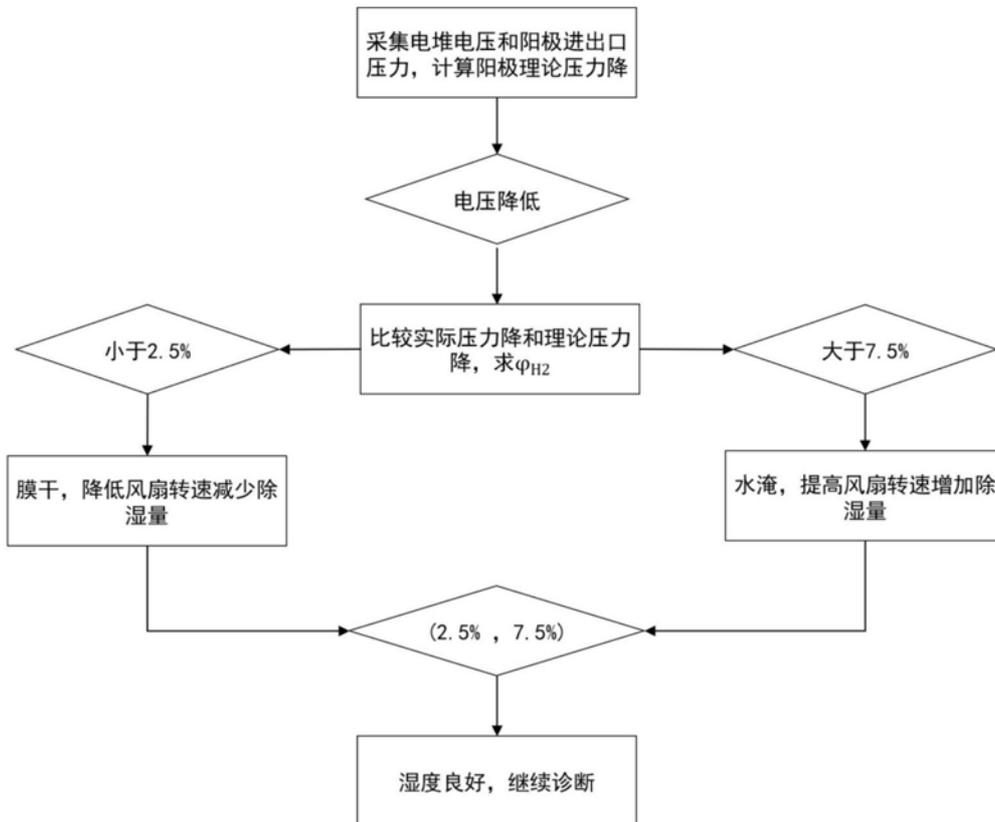


图2