



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105609821 B

(45)授权公告日 2018.04.27

(21)申请号 201510772330.7

(22)申请日 2015.11.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105609821 A

(43)申请公布日 2016.05.25

(30) 优先权数据

2014-231194 2014.11.14 JP

(73)专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县丰田市

(72)发明人 山本和男 今西启之

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 方应星 高培培

(51) Int.Cl.

H01M 8/04089(2016.01)

H01M 8/04119(2016.01)

H01M 8/04746(2016.01)

H01M 8/0438(2016.01)

(56)对比文件

JP 特开2010-135194 A, 2010.06.17,

JP 特开2007-115460 A, 2007.05.10.

审查员 冯婷

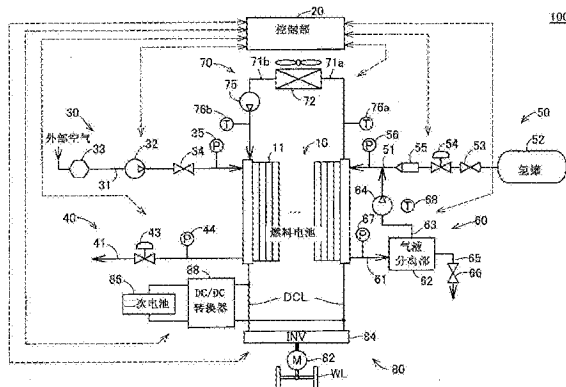
权利要求书2页 说明书13页 附图8页

(54)发明名称

燃料电池系统及其控制方法

(57)摘要

本发明提供一种燃料电池系统及其控制方法,抑制产生作为循环设备的工作声的异响等的情况。燃料电池系统具备:燃料电池;阳极气体供给流路,向燃料电池供给阳极气体;阳极气体排出流路,从燃料电池排出阳极废气;阳极气体循环流路,将阳极气体供给流路与阳极气体排出流路连接;循环设备,设于阳极气体循环流路,将阳极废气向阳极气体供给流路供给;及控制部,在液态水滞留于循环设备的情况下,控制循环设备的循环流量而使液态水排出。控制部在判断为滞留于循环设备的液态水量为规定值以上的情况下,限制循环设备的循环流量的上升率。



1. 一种燃料电池系统,具备:

燃料电池;

阳极气体供给流路,向所述燃料电池供给阳极气体;

阳极气体排出流路,从所述燃料电池排出阳极废气;

阳极气体循环流路,将所述阳极气体供给流路与所述阳极气体排出流路连接;

循环设备,设于所述阳极气体循环流路,将所述阳极废气向所述阳极气体供给流路供给;及

控制部,在液态水滞留于所述循环设备的情况下,控制所述循环设备的循环流量而使滞留于所述循环设备的液态水排出,

所述控制部在判断为滞留于所述循环设备的液态水量为规定值以上的情况下,限制所述循环设备的循环流量的上升率。

2. 根据权利要求1所述的燃料电池系统,其中,

所述控制部基于能够从所述循环设备排出所述液态水的可排水循环流量下的可排水量与不能从所述循环设备排出所述液态水的不可排水循环流量下滞留于所述循环设备的液态水量之间的关系,推定滞留于所述循环设备的液态水量,从而判断滞留于所述循环设备的液态水量是否为所述规定值以上。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的燃料电池系统,其中,

所述控制部在使所述循环流量上升为规定量以上而从所述循环设备排出液态水的情况下,不进行对所述循环设备的所述循环流量的上升率的限制。

4. 根据权利要求1或权利要求2所述的燃料电池系统,其中,

所述循环设备是循环泵,

所述控制部通过限制与所述循环流量对应的所述循环泵的转速的上升率,来限制所述循环流量的上升率。

5. 根据权利要求3所述的燃料电池系统,其中,

所述循环设备是循环泵,

所述控制部通过限制与所述循环流量对应的所述循环泵的转速的上升率,来限制所述循环流量的上升率。

6. 一种控制方法,是燃料电池系统的控制方法,所述燃料电池系统具备:

燃料电池;

阳极气体供给流路,向所述燃料电池供给阳极气体;

阳极气体排出流路,从所述燃料电池排出阳极废气;

阳极气体循环流路,将所述阳极气体供给流路与所述阳极气体排出流路连接;及

循环设备,设于所述阳极气体循环流路,将所述阳极废气向所述阳极气体供给流路供给,

所述控制方法中,

在液态水滞留于所述循环设备的情况下,执行排水处理,所述排水处理是控制所述循环设备的循环流量而将滞留于所述循环设备的液态水排出的处理,

所述排水处理中,在判断为滞留于所述循环设备的液态水量为规定值以上的情况下,限制所述循环设备的循环流量的上升率。

7. 根据权利要求6所述的控制方法, 其中,

基于能够从所述循环设备排出所述液态水的可排水循环流量下的可排水量与不能从所述循环设备排出所述液态水的不可排水循环流量下滞留于所述循环设备的液态水量之间的关系, 推定滞留于所述循环设备的液态水量, 从而判断滞留于所述循环设备的液态水量是否为所述规定值以上。

8. 根据权利要求6或权利要求7所述的控制方法, 其中,

在所述排水处理中, 在使所述循环流量上升为规定量以上而从所述循环设备排出液态水的情况下, 不进行对所述循环设备的所述循环流量的上升率的限制。

9. 根据权利要求6或权利要求7所述的控制方法, 其中,

所述循环设备是循环泵,

在所述排水处理中, 通过限制与所述循环流量对应的所述循环泵的转速的上升率, 来限制所述循环流量的上升率。

10. 根据权利要求8所述的控制方法, 其中,

所述循环设备是循环泵,

在所述排水处理中, 通过限制与所述循环流量对应的所述循环泵的转速的上升率, 来限制所述循环流量的上升率。

燃料电池系统及其控制方法

[0001] 本申请主张基于在2014年11月14日提出申请的申请番号2014-231194号的日本专利申请的优先权,并将其公开的全部通过参照而援引于本申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及燃料电池系统及其控制方法。

背景技术

[0003] 作为以往的燃料电池系统,开发出对于将燃料气体(氢)向燃料电池(燃料电池组)的阳极供给的燃料气体供给系统,使未由燃料电池的阳极消耗的燃料气体经由燃料气体循环系统的循环泵向燃料气体供给系统循环的燃料电池系统。并且,作为具有该燃料气体循环系统的燃料电池系统的例子,在JP2007-115460A中公开了使循环泵的转速上升而将燃料气体循环系统的配管内壁上冷凝的液态水排水,由此降低过剩的液态水向循环泵流入的可能性的情况。而且,在JP2008-171770A中公开了通过与压缩器或成为燃料电池的负载的电动机的驱动相伴的声响来掩盖与循环泵(氢泵)的驱动相伴的声响的情况。

发明内容

[0004] 【发明要解决的课题】

[0005] 然而,例如,在低负载下的发电较长地持续等而低负载下的燃料电池系统的运转较长地持续的情况下,若低速旋转下的循环泵的工作较长地持续,则在燃料电池的内部、燃料气体循环系统、尤其是从气液分离器的出口到循环泵的吸入口为止的部位有时会滞留液态水。例如,由于燃料电池与循环泵的温度差引起的结露、或循环泵从气液分离器内汲取的液态水等,而存在液态水滞留的情况。若该滞留水的量超过规定量,则在使循环泵高速旋转时会发生滞留水向循环泵的啮入,作为与循环泵的驱动相伴的声响而导致异响的产生或大音量化等(以下,也称为“异响等”),存在给使用者造成不快感或不适感、故障的担心等这样的课题。

[0006] 【用于解决课题的方案】

[0007] 本发明为了解决上述的课题的至少一部分而作出,能够作为以下方式实现。

[0008] (1) 根据本发明的一方式,提供一种燃料电池系统。该燃料电池系统具备:燃料电池;阳极气体供给流路,向所述燃料电池供给阳极气体;阳极气体排出流路,从所述燃料电池排出阳极废气;阳极气体循环流路,将所述阳极气体供给流路与所述阳极气体排出流路连接;循环设备,设于所述阳极气体循环流路,将所述阳极废气向所述阳极气体供给流路供给;及控制部,在液态水滞留于所述循环设备的情况下,控制所述循环设备的循环流量而使滞留于所述循环设备的液态水排出,所述控制部在判断为滞留于所述循环设备的液态水量为规定值以上的情况下,限制所述循环设备的循环流量的上升率。

[0009] 根据该方式的燃料电池系统,能够使循环设备的循环流量缓慢上升,能够抑制滞留于阳极气体循环流路的液态水被吸入循环设备的内部的情况,即使将滞留于阳极气体循

环流路的液态水吸入循环设备的内部,也能够抑制作为循环设备的工作声而产生异响等的情况。

[0010] (2) 在上述方式的燃料电池系统中,可以是,所述控制部基于能够从所述循环设备排出所述液态水的可排水循环流量下的可排水量与不能从所述循环设备排出所述液态水的不可排水循环流量下滞留于所述循环设备的液态水量之间的关系,推定滞留于所述循环设备的液态水量,从而判断滞留于所述循环设备的液态水量是否为所述规定值以上。

[0011] 根据该方式的燃料电池系统,能够容易地推定滞留于循环设备的液态水量,能够容易地判断滞留的液态水量是否为规定值以上。

[0012] (3) 在上述方式的燃料电池系统中,可以是,所述控制部在使所述循环流量上升为规定量以上而从所述循环设备排出液态水的情况下,不进行对所述循环设备的所述循环流量的上升率的限制。

[0013] 根据该方式的燃料电子系统,在设为规定量以上的循环流量的情况下,例如,燃料电池要求的发电量(输出电流量)多而使阳极废气的循环流量的快速增加优先的状态下,能够实现循环流量的快速增加。

[0014] (4) 在上述方式的燃料电池系统中,可以是,所述循环设备是循环泵,所述控制部通过限制与所述循环流量对应的所述循环泵的转速的上升率,来限制所述循环流量的上升率。

[0015] 本发明能够以各种方式实现,例如,能够以燃料电池系统、燃料电池系统的控制方法等各种方式实现。

附图说明

[0016] 图1是表示作为本发明的一实施方式的燃料电池系统的结构的概略图。

[0017] 图2是将阳极气体循环系统的氢循环泵及气液分离部放大表示的说明图。

[0018] 图3是表示设定使氢循环泵的转速上升时的上升率的处理的流程图。

[0019] 图4是表示水啞音的有无的判定的基本方法的说明图。

[0020] 图5是表示基于排水持续时间与滞留持续时间之间的关系的水啞音的判定的说明图。

[0021] 图6是表示水啞音判定的具体例的流程图。

[0022] 图7是表示初始值映射的例子的说明图。

[0023] 图8是表示判定阈值映射的例子的说明图。

[0024] 图9是表示水啞判定及上升率的设定的具体例的时间图。

[0025] **【标号说明】**

[0026] 10…燃料电池

[0027] 11…单电池

[0028] 20…控制部

[0029] 30…阴极气体供给系统

[0030] 31…阴极气体供给配管

[0031] 32…空气压缩机

[0032] 33…气流计

- [0033] 34…开闭阀
- [0034] 35…压力计测部
- [0035] 40…阴极气体排出系统
- [0036] 41…阴极废气配管
- [0037] 43…调压阀
- [0038] 44…压力计测部
- [0039] 50…阳极气体供给系统
- [0040] 51…阳极气体供给配管
- [0041] 52…氢罐
- [0042] 53…开闭阀
- [0043] 54…调节器
- [0044] 55…氢供给装置
- [0045] 56…压力计测部
- [0046] 60…阳极气体循环系统
- [0047] 61…阳极废气配管
- [0048] 62…气液分离部
- [0049] 63、63a、63b…阳极气体循环配管
- [0050] 64…氢循环泵
- [0051] 65…阳极排水配管
- [0052] 66…排水阀
- [0053] 67…压力计测部
- [0054] 68…温度计测部
- [0055] 70…冷却介质循环系统
- [0056] 71…冷却介质配管
- [0057] 71a…上游侧配管
- [0058] 71b…下游侧配管
- [0059] 72…散热器
- [0060] 75…冷却介质循环泵
- [0061] 76a…上游侧温度传感器
- [0062] 76b…下游侧温度传感器
- [0063] 80…电力充放电系统
- [0064] 82…驱动电动机
- [0065] 84…逆变器
- [0066] 86…二次电池
- [0067] 88…DC/DC转换器
- [0068] 100…燃料电池系统
- [0069] WL…车轮
- [0070] DCL…直流配线

具体实施方式

[0071] A.实施方式:

[0072] 图1是表示作为本发明的一实施方式的燃料电池系统100的结构的概念图。在本实施方式中,燃料电池系统100搭载于车辆(也称为“燃料电池车辆”)。燃料电池系统100根据来自车辆的驾驶者的油门踏板(未图示)的要求(以下,也称为“油门位置”),输出成为车辆的动力源的电力。

[0073] 燃料电池系统100具备燃料电池10、控制部20、阴极气体供给系统30、阴极气体排出系统40、阳极气体供给系统50、阳极气体循环系统60、冷却介质循环系统70、电力充放电系统80。

[0074] 燃料电池10是接受作为燃料气体(也称为“阳极气体”)的氢与作为氧化气体(也称为“阴极气体”)的空气(严格来说是氧)的供给而发电的固体高分子型燃料电池。以下,将阳极气体和阴极气体一并也称为“反应气体”。燃料电池10具有将多个单电池11层叠的堆叠结构。在本实施方式中,燃料电池10是所谓对流型的燃料电池,阳极气体与阴极气体相对而反向流动。通常,燃料电池10以沿着各单电池11的面使阳极气体从上侧朝向下侧流动并使阴极气体从下侧朝向上侧流动的方式配置。需要说明的是,在燃料电池10上形成有反应气体或冷却介质用的歧管作为沿着层叠方向的贯通孔,但图示省略。

[0075] 单电池11虽然图示省略,但是基本上具有将作为发电体的膜电极接合体(MEA: Membrane-Electrode Assembly)利用隔板夹持的结构。MEA包括由离子交换膜构成的固体高分子型电解质膜(也简称为“电解质膜”)、形成在电解质膜的阳极侧的面上的由催化剂层及气体扩散层构成的阳极、形成在电解质膜的阴极侧的面上的由催化剂层及气体扩散层构成的阴极。而且,在与气体扩散层相接的隔板的面上形成有流过阳极气体或阴极气体的槽状的气体流路。但是,也有在隔板与气体扩散层之间另行设置气体流路部的情况。

[0076] 控制部20是对阴极气体供给系统30、阴极气体排出系统40、阳极气体供给系统50、阳极气体循环系统60、冷却介质循环系统70进行控制,使燃料电池10发出与来自外部的对系统的输出要求对应的电力的控制装置。控制部20例如是包含CPU、ROM、RAM等的微型计算机,通过执行与各种控制对应的软件,能够实现整体控制部、对阴极气体供给系统30及阴极气体排出系统40进行控制的阴极气体控制部、对阳极气体供给系统50及阳极气体循环系统60进行控制的阳极气体控制部、及对冷却介质循环系统70进行控制的冷却介质控制部的功能。

[0077] 阴极气体供给系统30具备阴极气体供给配管31、空气压缩机32、气流计33、开闭阀34、压力计测部35。阴极气体供给配管31是与燃料电池10的阴极气体供给歧管连接的配管。

[0078] 空气压缩机32经由阴极气体供给配管31而与燃料电池10连接。空气压缩机32将取入外部空气并进行了压缩后的空气作为阴极气体向燃料电池10供给。气流计33在空气压缩机32的上游侧,计测空气压缩机32取入的外部空气的量,向控制部20发送。控制部20基于该计测值,对空气压缩机32进行驱动,由此来控制空气向燃料电池10的供给量。

[0079] 开闭阀34设置在空气压缩机32与燃料电池10之间。开闭阀34通常为关闭的状态,在从空气压缩机32将具有规定的压力的空气向阴极气体供给配管31供给时打开。压力计测部35在燃料电池10的阴极气体供给歧管的入口附近,计测从空气压缩机32供给的压力的压

力,向控制部20输出。

[0080] 阴极气体排出系统40具备阴极废气配管41、调压阀43、压力计测部44。阴极废气配管41是与燃料电池10的阴极气体排出歧管连接的配管。阴极废气(也称为“阴极排气”)经由阴极废气配管41而向燃料电池系统100的外部排出。

[0081] 调压阀43由控制部20控制其开度,调整阴极废气配管41中的阴极废气的压力(燃料电池10的阴极侧的背压)。压力计测部44设于调压阀43的上游侧,计测阴极废气的压力,并将该计测结果向控制部20输出。控制部20基于压力计测部44的计测值,通过调整调压阀43的开度,来控制燃料电池10的阴极侧的背压。

[0082] 阳极气体供给系统50具备阳极气体供给配管51、氢罐52、开闭阀53、调节器54、氢供给装置55、压力计测部56。氢罐52经由阳极气体供给配管51而与燃料电池10的阳极气体供给歧管(图示省略)的入口连接,将填充于罐内的氢向燃料电池10供给。需要说明的是,将阳极气体配管51也称为“阳极气体供给流路”。

[0083] 在阳极气体供给配管51上,从上游侧(氢罐52侧)依次设有开闭阀53、调节器54、氢供给装置55、压力计测部56。开闭阀53按照来自控制部20的指令进行开闭,控制氢从氢罐52向氢供给装置55的上游侧的流入。调节器54是用于调整氢供给装置55的上游侧的氢的压力的减压阀,其开度由控制部20控制。

[0084] 氢供给装置55例如可以由电磁驱动式的开闭阀即喷射器构成。压力计测部56计测氢供给装置55的下游侧的氢的压力,向控制部20发送。控制部20基于压力计测部56的计测值,来控制氢供给装置55,由此控制向燃料电池10供给的氢的流量。

[0085] 阳极气体循环系统60具备阳极废气配管61、气液分离部62、阳极气体循环配管63、氢循环泵64、阳极排水配管65、排水阀66、压力计测部67、温度计测部68。阳极气体循环系统60进行包含未使用于发电反应而从燃料电池10的阳极排出的未反应气体(氢或氮等)或排水的阳极废气(也称为“阳极排气”)的循环及排出。

[0086] 阳极废气配管61是将气液分离部62与燃料电池10的阳极气体排出歧管(图示省略)的出口连接的配管。气液分离部62与阳极气体循环配管63和阳极排水配管65连接。气液分离部62将阳极废气包含的气体成分与液态水分离,对于气体成分,向阳极气体循环配管63引导,对于液态水,向阳极排水配管65引导。需要说明的是,将阳极废气配管61也称为“阳极气体排出流路”。

[0087] 阳极气体循环配管63连接于阳极气体供给配管51的比氢供给装置55靠下游处。在阳极气体循环配管63设有氢循环泵64。在气液分离部62分离的气体成分中包含的氢由氢循环泵64向阳极气体供给配管51送出,再利用作为阳极气体。需要说明的是,将阳极气体循环配管63称为“阳极气体循环流路”。而且,将氢循环泵64也称为“循环设备”。

[0088] 阳极排水配管65是用于将在气液分离部62中分离的液态水向燃料电池系统100的外部排出的配管。在阳极排水配管65设有排水阀66。控制部20通常将排水阀66关闭,在预先设定的规定的排水定时或阳极废气中的惰性气体的排出定时将排水阀66打开。

[0089] 阳极气体循环系统60的压力计测部67设于阳极废气配管61。压力计测部67在燃料电池10的阳极气体排出歧管的出口附近,计测阳极废气的压力(燃料电池10的阳极侧的背压),向控制部20发送。控制部20基于阳极气体循环系统60的压力计测部67的计测值或前述的阳极气体供给系统50的压力计测部56的计测值来控制氢对燃料电池10的供给。

[0090] 而且,阳极气体循环系统60的温度计测部68计测阳极气体循环系统60的周边温度、尤其是氢循环泵64的周边温度(外部空气温度)作为外部空气的温度,向控制部20发送。控制部20基于温度计测部68的计测值,如后所述,控制氢循环泵64的转速。

[0091] 冷却介质循环系统70具备上游侧配管71a、下游侧配管71b、散热器72、冷却介质循环泵75、上游侧温度传感器76a、下游侧温度传感器76b。上游侧配管71a和下游侧配管71b分别是使用于对燃料电池10进行冷却的冷却介质循环的冷却介质配管。上游侧配管71a将散热器72的入口与燃料电池10的冷却介质排出歧管(图示省略)的出口连接。下游侧配管71b将散热器72的出口与燃料电池10的冷却介质供给歧管(图示省略)的入口连接。

[0092] 散热器72通过使在冷却介质配管71中流动的冷却介质与外部空气之间进行热交换而对冷却介质进行冷却。冷却介质循环泵75设置在下游侧配管71b的中途,将在散热器72中冷却后的冷却介质向燃料电池10送出。上游侧温度传感器76a设于上游侧配管71a,下游侧温度传感器76b设于下游侧配管71b。上游侧温度传感器76a和下游侧温度传感器76b分别将计测到的冷却介质的温度向控制部20发送。控制装置20基于上游侧温度传感器76a和下游侧温度传感器76b的计测值(冷却介质的温度),控制散热器72的工作。

[0093] 电力充放电系统80具备作为负载装置的驱动电动机82、逆变器(INV)84、二次电池86、DC/DC转换器88。燃料电池10经由直流配线DCL而与逆变器84电连接,二次电池86经由DC/DC转换器88而与直流配线DCL电连接。

[0094] 二次电池86通过燃料电池10的输出电力或驱动电动机82的再生电力进行充电,与燃料电池10一起作为电力源发挥功能。二次电池86例如可以由锂离子电池构成。

[0095] DC/DC转换器88基于控制部20的指令,对燃料电池10的电流、电压进行控制,并对二次电池86的充放电进行控制,可变地调整直流配线DCL的电压水平。逆变器84将从燃料电池10和二次电池86得到的直流电力转换成交流电力,向驱动电动机82供给。驱动电动机82根据对应于油门位置而从逆变器84供给的电力而动作,对经由齿轮等而连接的车轮WL进行驱动。而且,在通过驱动电动机82产生再生电力的情况下,逆变器84将该再生电力转换成直流电力,经由DC/DC转换器88向二次电池86充电。

[0096] 以上说明的燃料电池系统100通过控制部20,控制阴极气体供给系统30及阴极气体排出系统40、阳极气体供给系统50及阳极气体循环系统60、电力充放电系统80,根据油门位置,能够从燃料电池10输出作为车辆的动力源的电力。以下,在该燃料电池系统100的工作中,对于为了增加阳极循环系统60的阳极气体(氢)的循环量而使氢循环泵64的转速上升时的处理,加以说明。

[0097] 图2是将阳极气体循环系统60的氢循环泵64及气液分离部62放大表示的说明图。与燃料电池10的下部的阳极气体排出歧管的出口(未图示)连接的阳极废气配管61连接于气液分离部62的下部。与气液分离部62的铅垂方向上部连接的第一阳极气体循环配管63a连接于氢循环泵64的铅垂方向下部的吸入口641。与氢循环泵64的上部的送出口644连接的第二阳极气体循环配管63b连结于阳极气体供给配管51(未图示),并连接于燃料电池10的上部的阳极气体供给歧管的入口(未图示)。即,氢循环泵64具有将从下部的吸入口641吸入的氢从上部的送出口644送出的结构。

[0098] 在该氢循环泵64中低速旋转的状态持续的情况下,液态水滞留于从气液分离部62到氢循环泵64的部位、即第一阳极气体循环配管63a及氢循环泵64的吸入口641的部位,有

时液态水会溢出直至氢循环泵64内部。该滞留的液态水(也称为“滞留水”)主要如下产生。首先,在氢循环泵64的温度比燃料电池10的温度低的情况下,由于其温度差而产生结露水。并且,在氢循环泵64的转速低的情况下,在阳极气体循环配管63中流动的氢的循环流量根据其转速而减少,无法将产生的结露水抬起而从送出口644排出。因此,在氢循环泵64的下部、即第一阳极气体循环配管63a及氢循环泵64的吸入口641的部位会滞留液态水。除此之外,液态水的滞留还会由于氢循环泵64汲取滞留于气液分离部62的下部的液态水的情况、从燃料电池10排出的液态水没有被气液分离部62分离并积存于气液分离部62的下部而是直接由氢循环泵64汲取的情况、以及液态水从氢循环泵64的送出口644侧的滴落等而产生。

[0099] 当氢循环泵64的吸入口641处的滞留水增多时,在氢循环泵64的叶轮642、643产生水的啞入(也称为“水啞”),氢循环泵64的工作声发生变化,从而导致异响等的产生。因此,在本实施方式的燃料电池系统100中,通过执行以下说明的处理来抑制异响等的产生。

[0100] 图3是表示设定使氢循环泵64的转速上升时的上升率的处理的流程图。在控制部20中,为了增多向燃料电池10供给的氢的流量并增多在阳极气体循环系统60中流动的阳极废气(氢)的循环流量,在产生使氢循环泵64的转速(以下,也称为“HP转速”)上升的要求的情况下,在对应于该要求而使HP转速实际上升之前进行该上升率(上升速度、上升率)的设定。

[0101] 在步骤S10中,判断HP转速 R_{hp} 的要求值 R_{hprq} (以下,也称为“要求HP转速 R_{hprq} ”)是否处于预先设定的第一转速 r_p 与第二转速 r_u 之间的范围内。在要求HP转速 R_{hprq} 比第一转速 r_p 低或比第二转速 r_u 高的情况下,在步骤S30中,转速的上升率设定为预先设定的通常速率 K_{ratt} ,按照设定的通常速率 K_{ratt} 而执行HP转速 R_{hp} 的上升。相对于此,在要求HP转速 R_{hprq} 为第一转速 r_p 与第二转速 r_u 之间的范围内的情况下,在步骤S20中,判断是否判定为“存在水啞音”。这在产生HP转速 R_{hp} 的上升要求之前,在后述的水啞音判定中判定为“存在水啞音”,通过水啞音标志是否设立来判断。在未判定为“存在水啞音”的情况下,在步骤S30中,转速的上升率设定为通常速率 K_{ratt} ,按照设定的通常速率 K_{ratt} 来执行HP转速的上升。相对于此,在判定为“存在水啞音”的情况下,在步骤S40中,转速的上升率设定为预先设定的低速率 $K_{ratd}(<K_{ratt})$,按照设定的低速率 K_{ratd} 来执行HP转速的上升。即,在判定为“存在水啞音”的情况下,限制HP转速的上升。关于HP转速的上升受到限制的效果,在后文叙述。

[0102] 第一转速 r_p 是与能够抬起滞留水而排出的循环流量对应的转速(以下,也称为“可排水转速”)的下限值,以下,也称为“可排水转速阈值 r_p ”。第二转速 r_u 是对应于燃料电池10要求的发电电力(输出电流)多而氢的循环流量的快速增加优先的状态的转速。需要说明的是,第二转速 r_u 是对应于权利要求的发明的“规定量以上的循环流量”的转速。

[0103] 图4是表示水啞音的有无的判定的基本方法的说明图。水啞音的有无的判定基本上可以通过以下说明的方法进行。

[0104] 首先,在氢循环泵64的HP转速 R_{hp} 为可排水转速阈值 r_p 以上的转速的状态下,推定能够排出的水量(以下,也称为“可排水量”) V_d (步骤S50)。接下来,在HP转速 R_{hp} 小于可排水转速阈值 r_p 的状态下,推定滞留的液态水量(以下,也称为“滞留水量”) V_r (步骤S60)。需要说明的是,在步骤S50、S60中,在氢的循环流量为阈值(可排水转速阈值 r_p 的循环流量)以上的情况下,假定为能够排出滞留水,在小于阈值的情况下,假定为不能排出滞留水。并且,根据阈值以上的循环流量的履历(时间变化)来算出可排水量 V_d ,根据小于阈值的循环流量的

履历(时间变化)来算出滞留水量 V_r 。可排水量 V_d 和滞留水量 V_r 的算出方法的例子在后文叙述。

[0105] 并且,通过进行可排水量 V_d 与滞留水量 V_r 的收支计算,在氢循环泵64的吸入口641的滞留水量为预先设定的滞留水阈值 V_{th} 以上的情况下,判定为“存在水啞音”(步骤S70)。并且,在判定为“存在水啞音”的情况下,接下来,在使HP转速 R_{hp} 从不可排水转速的状态上升为可排水转速时,如图3中所述那样,进行与是否作出“存在水啞音”的判定对应的上升率的设定,执行设定的上升率下的转速的上升。需要说明的是,滞留水阈值 V_{th} 考虑判定的余量等,设定小于氢循环泵64的吸入口641的容量 V_p 的任意的值。在本实施方式中,如图2所示,设定为 $V_{th}=V_p/2$ 。需要说明的是,滞留水阈值 V_{th} 相当于权利要求的发明的“滞留的液态水量的规定值”。

[0106] 可排水量 V_d 可以由下式(1)表示,滞留水量 V_r 可以由下式(2)表示。

[0107] $V_d = k_d \cdot t_d \cdots (1)$

[0108] $V_r = k_r \cdot t_r \cdots (2)$

[0109] 在此, k_d 是表示根据与可排水转速的HP转速 R_{hp} 对应的循环流量及氢循环泵64的周边温度 T_r 而推定的排水速度的常数。 t_d 是可排水转速的转速 R_{hp} 的持续时间(也称为“排水持续时间”)。而且, k_r 是表示根据与不可排水转速的HP转速 R_{hp} 对应的循环流量及氢循环泵64的周边温度 T_r 而推定的滞留水的增加速度的常数。 t_r 是不可排水转速的持续时间(也称为“滞留持续时间”)。需要说明的是,氢循环泵64的周边温度 T_r 是由温度计测部68(图1)计测的温度。排水速度 k_d 与参数 R_{hp} 、 T_r 之间的关系预先实验性地设定。滞留速度 k_r 与参数 R_{hp} 、 T_r 之间的关系也同样。

[0110] 从上式(1)、(2)可知,排水持续时间 t_d 与可排水量 V_d 处于比例关系,而且,滞留持续时间 t_r 与滞留水量 V_r 也处于比例关系。因此,也可以取代推定可排水量 V_d 及滞留水量 V_r ,而如以下说明那样,根据排水持续时间 t_d 与滞留持续时间 t_r 之间的关系来进行水啞音的判定。

[0111] 图5是表示基于排水持续时间 t_d 与滞留持续时间 t_r 之间的关系的水啞音的判定的说明图。图5的实线所示的曲线是在氢循环泵64的周边温度(也称为“HP周边温度”) $T_r = T_a$ 下,表示排水持续时间 t_d 与水在氢循环泵64的吸入口641积存至滞留水阈值 V_{th} 的滞留持续时间 t_r 之间的关系。排水持续时间 t_d 与滞留持续时间 t_r 之间的关系处于比实线靠下的区域(由斜线表示的区域)的情况下,推定为吸入口641的滞留水未到达滞留水阈值 V_{th} 。在该区域中,认为水啞的可能性小而可判定为“无水啞音”。相对于此,在处于实线以上的区域的情况下,推定为吸入口641的滞留水成为滞留水阈值 V_{th} 以上,因此认为水啞的可能性大而可判定为“存在水啞音”。

[0112] 因此,按照氢循环泵64的各周边温度 T_r 来预先准备图5所示的实线的数据作为映射(也称为“判定阈值映射”),根据与氢循环泵64的周边温度 T_r 对于的判定阈值映射,取得与排水持续时间 t_d 对应的滞留持续时间 t_r 作为判定阈值,将实际的滞留持续时间与判定阈值进行比较,由此能够判定水啞音。

[0113] 图6是表示使用了图5的映射的水啞音判定的具体例的流程图。该水啞音判定在燃料电池系统100的工作中由控制部20持续实施。当该水啞音判定的处理开始时,首先,判断氢循环泵64的要求HP转速 R_{hprq} 的变化(步骤S110、S120)。

[0114] 存在使要求HP转速 R_{hprq} 向小于可排水转速阈值 r_p 的不可排水转速的变化的要求的情况下,向步骤S130转移,在步骤S130中,反复执行步骤S130~步骤S170直至判断为要求HP转速 R_{hprq} 变化为可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速为止。关于该处理的内容在后文叙述。

[0115] 相对于此,在要求HP转速 R_{hprq} 向可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速的变化的要求存在的情况下,向步骤S180转移,在执行了步骤S180之后,在步骤S190中,反复执行步骤S190~步骤S220直至判断为产生了要求HP转速 R_{hprq} 向小于可排水转速阈值 r_p 的不可排水转速的变化的要求为止。关于该处理的内容也在后文叙述。

[0116] 需要说明的是,在步骤S130中,在判断为要求HP转速 R_{hprq} 成为了可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速的情况下,向步骤S180~步骤S220的处理转移。另一方面,在步骤S190中,在判断为要求HP转速 R_{hprq} 成为了小于可排水转速阈值 r_p 的不可排水转速的情况下,向步骤S130~步骤S170的处理转移。

[0117] 首先,说明在要求HP转速 R_{hprq} 向小于能够排水下限转速 r_p 的不可排水转速的变化的要求存在的情况下执行的一侧的处理(步骤S130~步骤S170)。

[0118] 要求HP转速 R_{hprq} 向小于可排水转速阈值 r_p 的不可排水转速的变化的要求存在的情况下(步骤S120或步骤S190),在步骤S140中,计测不可排水转速的持续时间 t_{rc} ,在步骤S150中,将持续时间 t_{rc} 设定作为滞留持续时间 t_r 。并且,在步骤S160中,判断滞留持续时间 t_r 是否为判定阈值 S_{th} 以上,在滞留持续时间 t_r 成为了判定阈值 S_{th} 以上的时刻,在步骤S170中判定为“存在水啞音”,设立其水啞判定标志。并且,步骤S140~步骤S170反复进行至在步骤S130中判断为要求HP转速 R_{hprq} 变化为可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速为止。

[0119] 需要说明的是,判定阈值 S_{th} 是对于要求HP转速 R_{hprq} 变化为不可排水转速之前执行的可排水转速的HP转速 R_{hp} 的排水持续时间 t_d ,以图5的映射建立对应的滞留持续时间 t_r ,在后述的步骤S220中取得。该判定阈值 S_{th} 在初始状态下,设定为预先设定的任意的初始值。

[0120] 接下来,说明在要求HP转速 R_{hprq} 向可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速的变化的要求存在的情况下执行的一侧的处理(步骤S180~步骤S220)。

[0121] 在要求HP转速 R_{hprq} 向可排水转速阈值 r_p 以上的可排水转速的变化的要求存在的情况下(步骤S110或步骤S130),在步骤S180中,设定排水持续时间 t_d 的计数的初始值 t_s 。初始值 t_s 是与滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)建立了对应的排水持续时间 t_d ,该滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)根据要求HP转速 R_{hprq} 变化为可排水转速之前执行的不可排水转速的HP转速 R_{hp} 下的滞留持续时间 t_r 与判定阈值 S_{th} 的差量来求出。滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)是相当于对于滞留持续时间 t_r 期间滞留的液态水(滞留水),能够进一步积存直至滞留水阈值 V_{th} 的液态水量(滞留水富余量)的时间。需要说明的是,使用预先准备的氢循环泵64的各周边温度 T_r 的映射(也称为“初始值映射”)中的与由温度计测部68计测的氢循环泵64的周边温度 T_r 对应的初始值映射,取得与滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)建立了对应的排水持续时间 t_r ,由此设定该初始值 t_s 。

[0122] 图7是表示初始值映射的例子的说明图。该初始值映射表示滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)与排水持续时间 t_d 之间的关系,按照氢循环泵64的各周边温度 T_r 来准备。在图7中,示出周边温度 T_r 的2个值,即, $T_r=T_a$,及, $T_r=T_b(>T_a)$ 的例子。需要说明的是,在未准备映射的

周边温度 T_r 的情况下,只要按照预先确定的规则,利用上侧或下侧的准备的周边温度 T_r 的映射即可。例如,只要在周边温度为冰点以上的情况下利用下侧的温度的映射,在冰点下的情况下利用上侧的温度的映射即可。

[0123] 在图6的步骤S200中,计测可排水转速的HP转速的持续时间 t_{dc} ,在步骤S210中,将初始值 t_s 加上HP转速的持续时间 t_{dc} 所得到的时间设定作为排水持续时间 t_d ,在步骤S220中,更新与排水持续时间 t_d 对应的判定阈值 S_{th} 。并且,步骤S200~步骤S220反复进行至在步骤S190中判断为要求HP转速 R_{hprq} 变化为小于可排水转速 r_p 的不可排水转速为止。因此,在步骤S160中使用的判定阈值 S_{th} 是在要求HP转速 R_{hprq} 即将变化为不可排水转速之前被更新的值。

[0124] 判定阈值 S_{th} 是在上述的图5的映射中,与排水持续时间 t_d 建立了对应的滞留持续时间 t_r 。使用预先准备的氢循环泵64的各周边温度 T_r 的判定阈值映射中的与通过温度计测部68计测的氢循环泵64的周边温度 T_r 对应的判定阈值映射,取得与排水持续时间 t_d 建立了对应的滞留持续时间 t_r ,由此来更新该判定阈值 S_{th} 。

[0125] 图8是表示判定阈值映射的例子的说明图。该判定阈值映射表示排水持续时间 t_d 与滞留持续时间 t_r 之间的关系,按照氢循环泵64的各周边温度 T_r 来准备。需要说明的是,在图8中示出周边温度 T_r 的3个值,即, $T_r = T_a$, $T_r = T_b (>T_a)$, 及 $T_r = T_c (<T_a)$ 的例子。需要说明的是,在未准备映射的周边温度 T_r 的情况下,只要按照预先确定的规则,利用上侧或下侧的准备的周边温度 T_r 的映射即可。例如,只要在周边温度为冰点以上的情况下利用下侧的温度的映射,在冰点下的情况下利用上侧的温度的映射即可。

[0126] 需要说明的是,图7的初始值映射及图8的判定阈值映射可以通过实际测定而预先求出。需要说明的是,关于图7的初始值映射,也可以从图8的判定阈值映射导出。

[0127] 图9是表示水啮判定及上升率的设定的具体例的时间图。图9(a)表示向氢循环泵64的要求HP转速 R_{hprq} ,图9(b)表示氢循环泵64的HP转速 R_{hp} ,图9(c)表示根据HP转速 R_{hp} 而变化的氢循环泵64的吸入口641内的残留水(也称为“HP内残留水”)。需要说明的是,如图9(a)所示,作为要求HP转速 R_{hprq} ,以时刻 t_0 为开始定时,以作为可排水转速的可排水转速阈值 r_p (在本例中为1800rpm)与作为不可排水转速的600rpm交替产生的情况为例而示出。而且,如图9(c)所示,作为HP内残留水,在开始定时的时刻 t_0 ,示出滞留水阈值 V_{th} (满水容量 V_p 的1/2)的液态水滞留的情况。

[0128] 如图9(a)所示,在时刻 t_0 ,要求HP转速 R_{hprq} 从600rpm(不可排水转速)变化为1800rpm(可排水转速)时,设定上升率(参照图3),设定与HP内残留水的富余量对应的排水持续时间 t_d 的初始值 t_s (参照图6的步骤S180)。并且,如图9(b)所示,HP转速 R_{hp} 以设定的上升率上升。需要说明的是,在此,作为初始状态而未作成水啮音的判定,未设立水啮标志,上升率设定为通常速率 K_{ratt} (在本例中,为6000rpm/1sec)。而且,时刻 t_0 的HP内残留水如上所述为滞留水阈值 V_{th} ,因此滞留水富余时间($S_{th}-t_r$)设定为0,初始值 t_s 设定为0。

[0129] 而后,如图9(b)所示,在从时刻 t_0 到时刻 t_1 的60sec的持续时间 t_{dc} 中,HP转速 R_{hp} 持续1800rpm的可排水转速的状态,如图9(c)所示,HP内残留水排出与该持续时间 t_{dc} (60sec)的排水量对应的滞留水而减少。在此,HP内残留水表示在从时刻 t_0 到时刻 t_1 为止期间从滞留水阈值 V_{th} 减少至0的状态。

[0130] 而且,如图9(a)所示,在时刻 t_1 而要求HP转速 R_{hprq} 从1800rpm变化为600rpm时,设

定与排水持续时间 t_d ($=$ 持续时间 t_{dc} +初始值 t_s) 对应的滞留持续时间 t_r 作为判定阈值 S_{th} (参照图6的步骤S190~步骤S220)。需要说明的是,关于HP转速下降的情况的下降率,没有特别限定。与上升率的通常速率 K_{ratt} 同样的下降率可以设为例如 $-6000\text{rpm}/1\text{sec}$ 。

[0131] 并且,如图9 (b) 所示,在从时刻 t_1 到时刻 t_2 的70sec的持续时间 t_{rc} 中,HP转速 R_{hp} 持续600rpm的不可排水转速的状态,如图9 (c) 所示,HP内残留水积存与持续时间 t_{rc} 对应的量的滞留水,HP内残留水增加。

[0132] 在滞留水积存的过程中,将与滞留水量对应的滞留持续时间 t_r (相当于持续时间 t_{rc}) 和与滞留水阈值 V_{th} 对应的判定阈值 S_{th} 进行比较。在滞留持续时间 $t_r (=t_{rc})$ 小于判定阈值 S_{th} 期间,判定为“无水啞音”,在滞留持续时间 t_r 成为判定阈值 S_{th} 以上的时刻以后,判定为“存在水啞音”。在此,在从时刻 t_1 到时刻 t_2 为止期间,HP内残留水未到达滞留水阈值 V_{th} 而成为存在富余的状态,表现出判定为“无水啞音”的状态。

[0133] 因此,如图9 (a) 所示,在时刻 t_2 而要求HP转速 R_{hprq} 从600rpm的不可排水转速变化为1800rpm的可排水转速时,HP转速的上升率设定为通常速率 K_{ratt} (参照图3),以设定的通常速率 K_{ratt} 使HP转速上升。而且,与时刻 t_0 的情况同样地设定排水持续时间 t_d 的初始值 t_s (参照图6的步骤S180)。在此,由于滞留水持续时间 t_r 小于判定阈值 S_{th} ,因此存在与滞留水富余时间 ($S_{th}-t_r$) 对应的滞留水富余 (也称为“残留水富余”),设定与该滞留水富余时间 ($S_{th}-t_r$) 对应的正的初始值 t_s (参照图7)。

[0134] 并且,如图9 (b) 所示,在从时刻 t_2 到时刻 t_3 的40sec的持续时间 t_{dc} 中,与从时刻 t_0 到时刻 t_1 的情况同样,HP转速 R_{hp} 持续1800rpm的可排水转速的状态,如图9 (c) 所示,HP内残留水排出与持续时间 t_{dc} 的排水量对应的滞留水而减少。在此,在时刻 t_2 存在残留水富余量,因此HP内残留水相应地提前减少至0,在时刻 t_3 的跟前示出减少至0的状态。

[0135] 此外,如图9 (a) 所示,在时刻 t_3 而要求HP转速 R_{hprq} 从1800rpm的可排水转速变化为600rpm的不可排水转速时,与时刻 t_1 的情况同样,将与排水持续时间 t_d ($=$ 持续时间 t_{dc} +初始值 t_s) 对应的滞留持续时间 t_r 设定作为判定阈值 S_{th} (参照图6的步骤S190~步骤S220)。

[0136] 并且,如图9 (b) 所示,在从时刻 t_3 到时刻 t_5 的110sec的持续时间 t_{rc} 中,与从时刻 t_1 到时刻 t_2 的情况同样,HP转速 R_{hp} 持续600rpm的不可排水转速的状态,如图9 (c) 所示,HP内残留水积存与持续时间 t_{rc} 对应的量的滞留水,HP残留水增加。

[0137] 在滞留水积存的过程中,将滞留持续时间 t_r (持续时间 t_{rc}) 与判定阈值 S_{th} 进行比较,进行水啞音的判定。在此,在从时刻 t_3 到时刻 t_4 的96sec的持续时间经过时,HP内残留水到达滞留水阈值 V_{th} ,在从时刻 t_4 到时刻 t_5 为止期间,示出判定为“存在水啞音”的状态。

[0138] 接下来,如图9 (a) 所示,在时刻 t_5 而要求HP转速 R_{hprq} 从600rpm的不可排水转速编号为1800rpm的能够排水时,在时刻 t_4 判定为“存在水啞音”,因此上升率设定为低速率 K_{ratd} (参照图3)。HP转速 R_{hp} 如图9 (b) 所示,以设定的低速率 K_{ratd} 缓慢上升,在时刻 t_6 到达目标的1800rpm。即,限制HP转速的上升。而且,与时刻 t_0 、 t_2 的情况同样地设定排水持续时间 t_d 的初始值 t_s (参照图6的步骤S180)。在此,如图9 (b) 所示,由于滞留水持续时间 $t_r (=t_{rc})$ 大于判定阈值 S_{th} ,因此滞留水富余时间 ($S_{th}-t_r$) 成为负,比滞留水阈值 V_{th} 多的滞留水成为HP内残留水。因此,设定与该负的滞留水富余时间 ($S_{th}-t_r$) 对应的负的初始值 t_s (参照图7)。并且,在变化为1800rpm的可排水转速之后,排出与该持续时间的排水量对应的滞

留水而减少。

[0139] 如以上说明那样,在时刻 t_5 而要求HP转速 R_{hprq} 从600rpm的不可排水转速上升为1800rpm的可排水转速时,在判定为“存在水啞音”的情况下,以限制为低速率 K_{ratd} 的上升率使HP转速缓慢上升,由此抑制HP内的水啞的发生,并使HP转速 R_{hp} 上升,从而能够开始滞留水的排水。而且,使HP转速以由低速率 K_{ratd} 限制的状态缓慢上升,因此即使假设水啞发生,也能够抑制异响等的产生。

[0140] B. 变形例:

[0141] (1) 变形例1

[0142] 在上述实施方式中,燃料电池10采用所谓对流型。然而,本发明没有局限于此,也可以采用所谓共流型或所谓横流型。

[0143] (2) 变形例2

[0144] 在上述实施方式中,说明了控制部20使用微型计算机,执行与各种控制对应的软件,由此实现整体控制部、对阴极气体供给系统30及阴极气体排出系统40进行控制的阴极气体控制部、对阳极气体供给系统50及阳极气体循环系统60进行控制的阳极气体控制部、及对冷却介质循环系统70进行控制的冷却介质控制部的功能的结构。然而,控制部20也可以分别通过专用的处理回路、以硬件性的结构实现阴极控制部或阳极控制部、冷却介质控制部等的各控制部。

[0145] (3) 变形例3

[0146] 在上述实施方式的水啞音判定的具体例中,如图5、6所示,通过与能够排水量 V_d 及滞留水量 V_r 对应的排水持续时间 t_d 及滞留持续时间 t_r ,推定氢循环泵64的吸入口641的滞留水量是否积存至滞留水阈值 V_{th} (规定量)而进行水啞音判定。相对于此,也可以通过能够排水量 V_d 及滞留水量 V_r ,推定氢循环泵64的吸入口641的滞留水量是否积存至滞留水阈值 V_{th} (规定量)来进行水啞音判定。即,水啞音判定没有限定为上述实施方式或变形例,只要是能够实现图4所示的水啞音判定的基本方法即可,其具体的方法没有限定。

[0147] 需要说明的是,在不是通过排水持续时间 t_d 及滞留持续时间 t_r 而是通过能够排水量 V_d 及滞留水量 V_r 进行水啞音判定的情况下,作为一例,在图6的水啞音判定中,可以进行以下说明的处理的追加及变更来执行。

[0148] 在图6的步骤S150与步骤S160之间,加入基于上式(2)来求出滞留水量 V_r 的处理,将步骤S160变更为将求出的滞留水量 V_r 与判定阈值 S_{th} 进行比较的处理。而且,将步骤S180变更为设定能够排水量 V_d 的初始值 V_s 的处理。而且,在步骤S200与步骤S210之间,加入基于上式(1)求出能够排水量 V_{dc} 的处理,将步骤S210变更为 $V_d = V_s + V_{dc}$ 。

[0149] 只要根据按照氢循环泵64的各周边温度 T_r 而预先准备的表示滞留水富余量($S_{th} - V_r$)与可排水量 V_d 之间的关系的初始值映射,求出与滞留水富余量($S_{th} - V_r$)对应的能够排水量 V_d ,并设定步骤S180的初始值 V_s 即可。只要根据按照氢循环泵64的各周边温度 T_r 而预先准备的表示能够排水量 V_d 与氢循环泵64的吸入口641积存滞留水阈值 V_{th} 的液态水(滞留水)的滞留水量 V_r 之间的关系的判定阈值映射,求出与能够排水量 V_d 对应的滞留水量 V_r ,并更新步骤S220的判定阈值 S_{th} 即可。

[0150] (4) 变形例4

[0151] 在上述实施方式中,氢循环泵64的转速的上升率(上升率)设定为低速率,但也可

以以多级的限制的转速而无级地使转速上升。即,只要限制氢循环泵64的转速的上升率(上升率)即可。

[0152] (5) 变形例5

[0153] 在上述实施方式中,说明了基于由温度计测部68计测的氢循环泵64的周边温度Tr来选择初始值映射及判定阈值映射的情况,但也可以计测外部空气温,并取代氢循环泵64的周边温度Tr而使用计测的外部空气温。在选择映射时利用的温度只要是能够作为氢循环泵64的温度处理的温度即可。

[0154] (6) 变形例6

[0155] 在上述实施方式中,以使用氢循环泵64限制其转速的上升率的情况为例进行了说明。然而,氢循环泵64的转速对应于阳极气体循环系统60的循环流量,因此未限定为氢循环泵64,只要是能够调整阳极气体循环系统60的循环流量的循环设备即可,只要限制其循环流量的上升率即可。

[0156] 本发明并不局限于上述的实施方式或变形例,在不脱离其主旨的范围内能够以各种结构实现。例如,发明内容一栏记载的各方式中的技术特征所对应的实施方式、变形例中的技术特征为了解决上述的课题的一部分或全部,或者为了实现上述的效果的一部分或全部,可以适当进行更换、组合。而且,该技术特征在本说明书中只要不是作为必须进行说明,就可以适当删除。

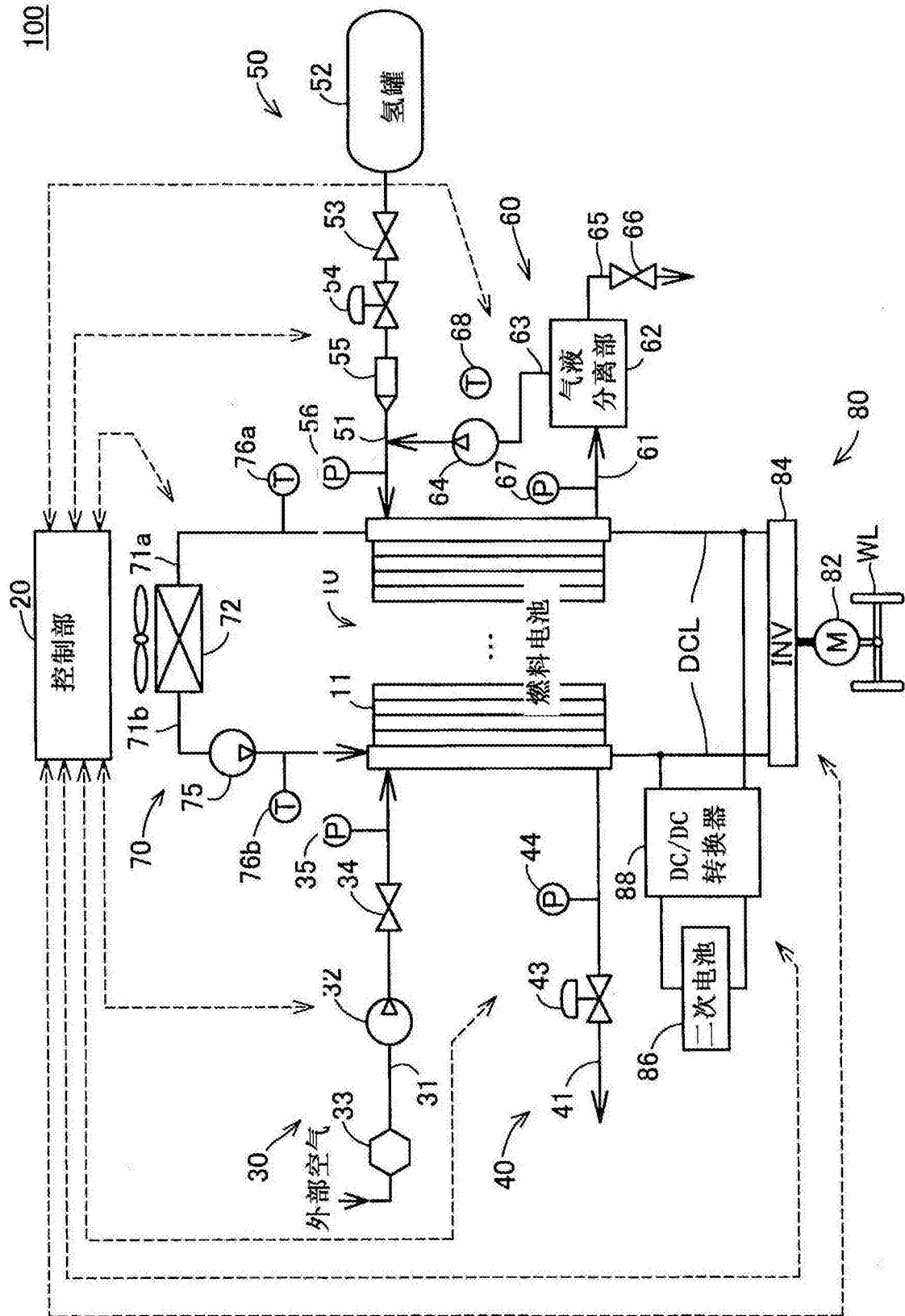


图1

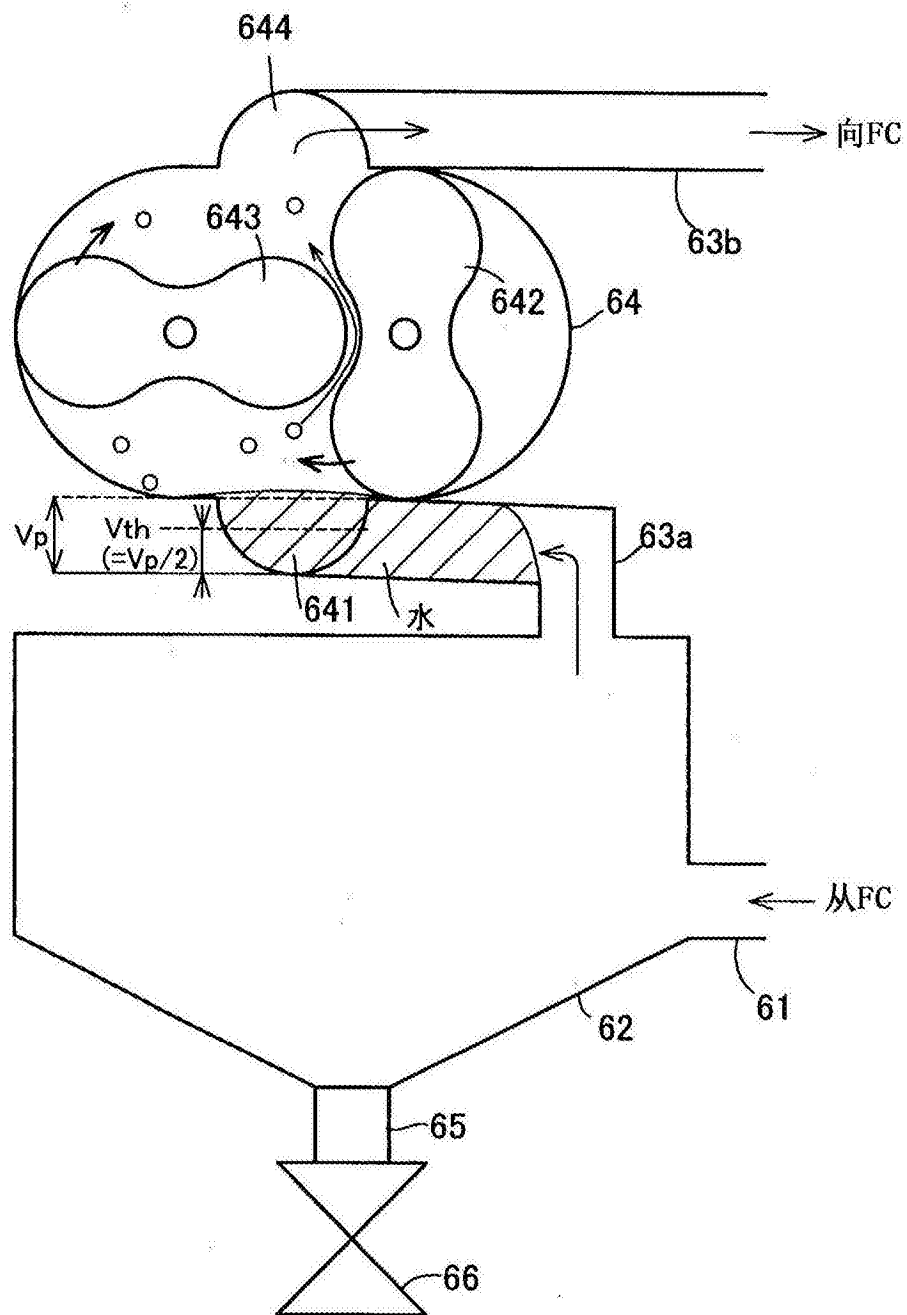


图2

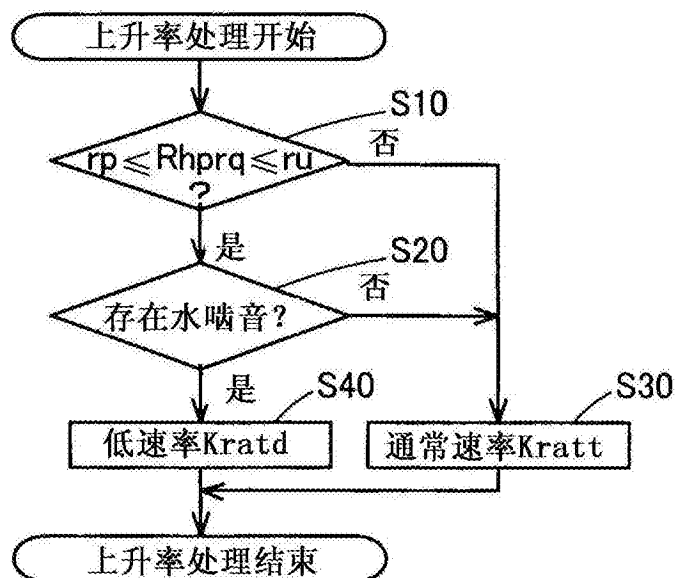


图3

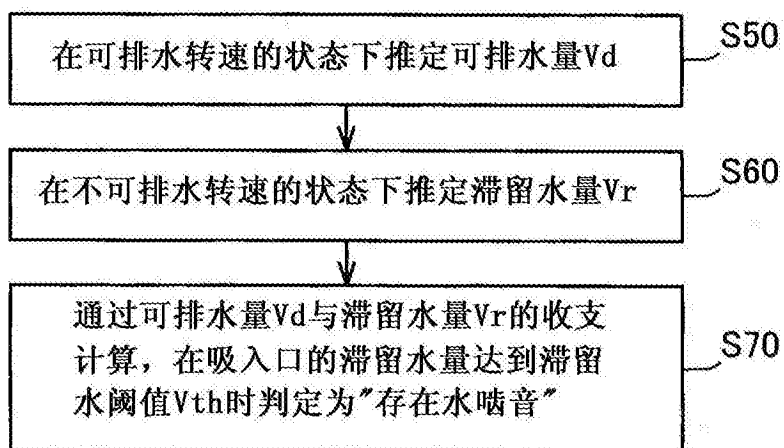


图4

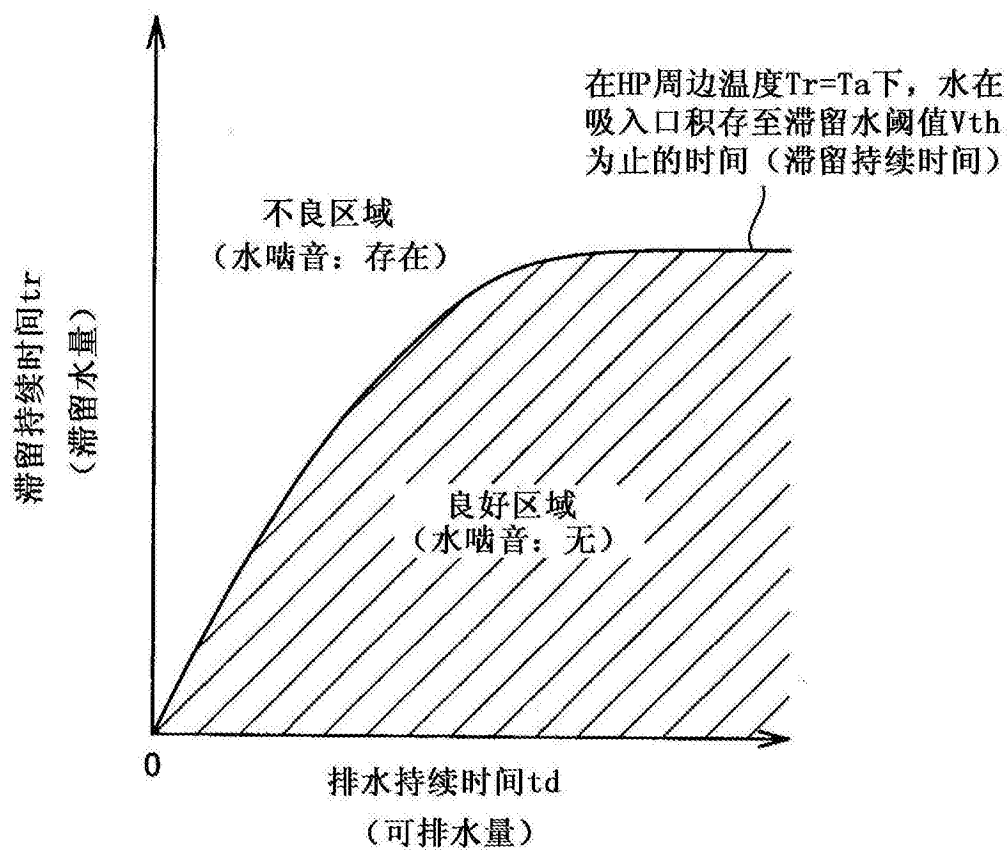


图5

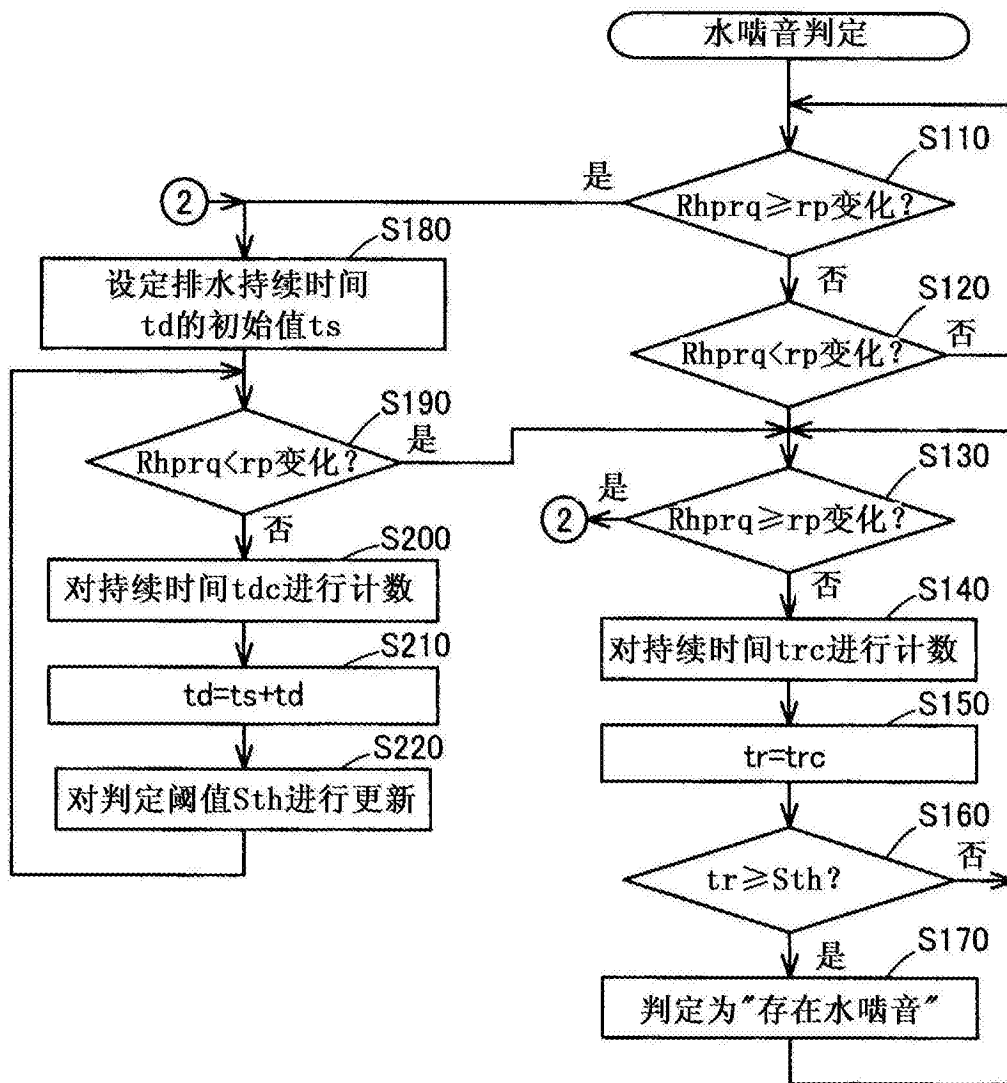


图6

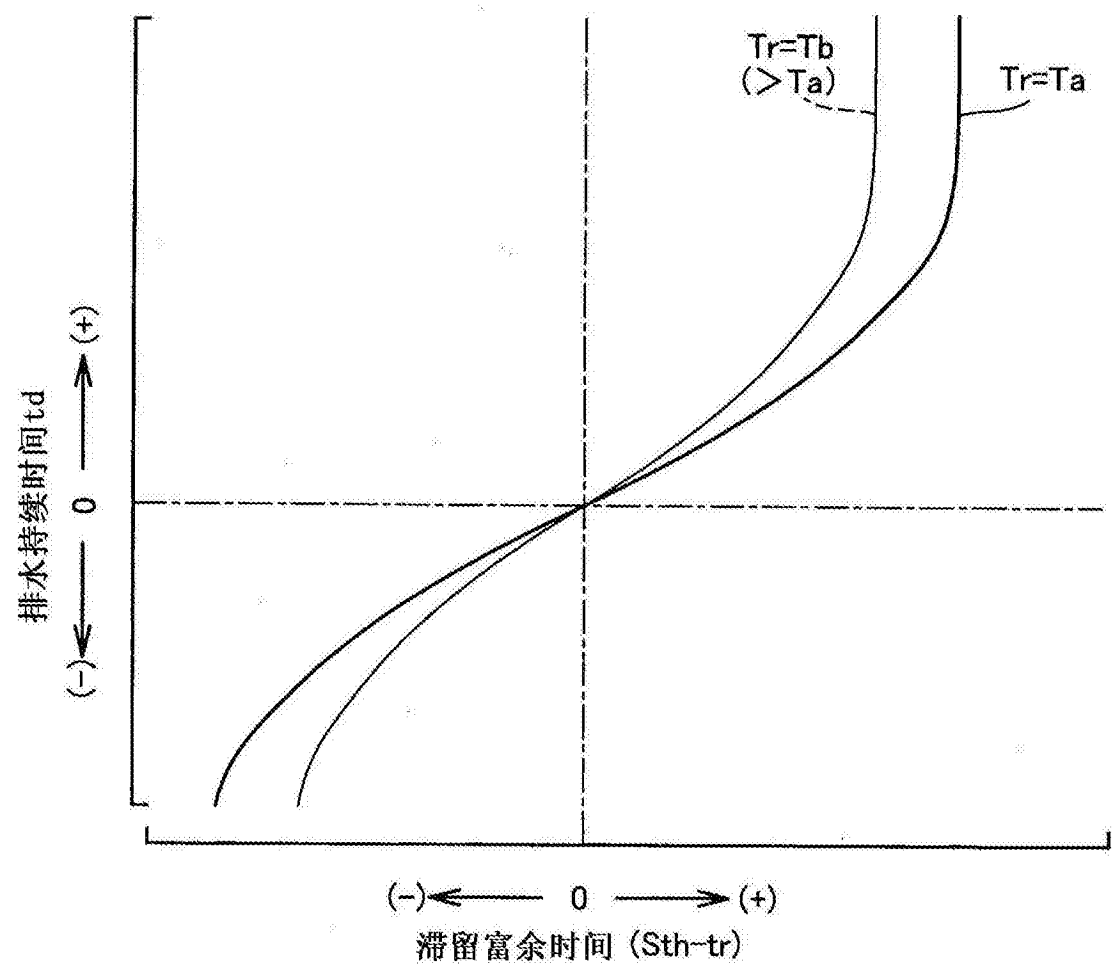


图7

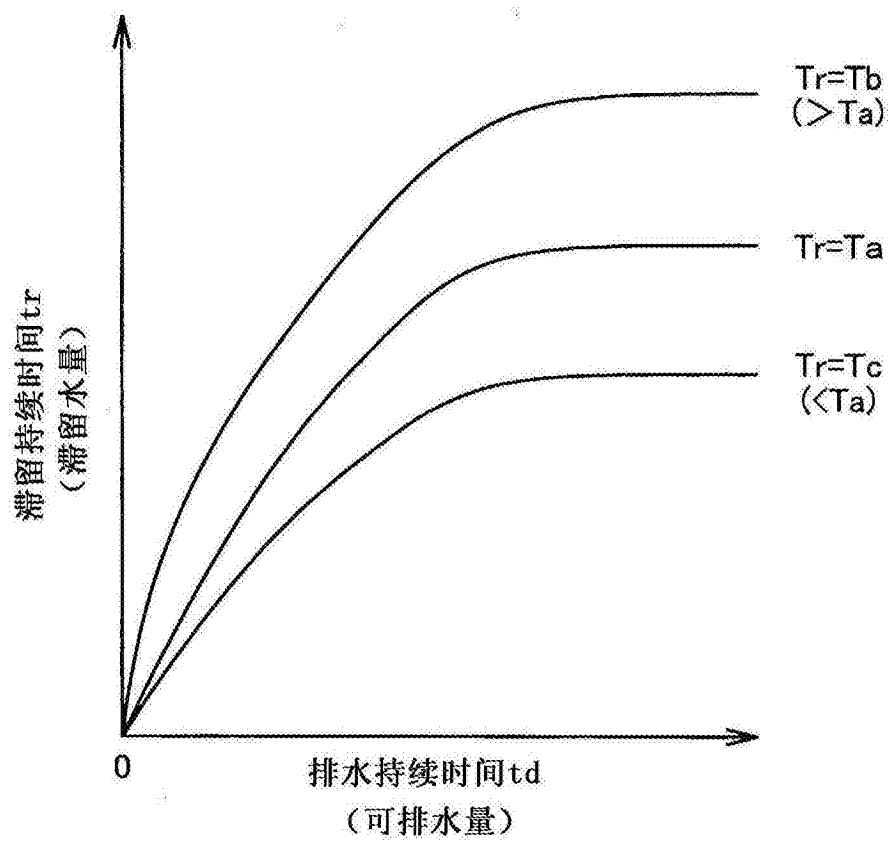


图8

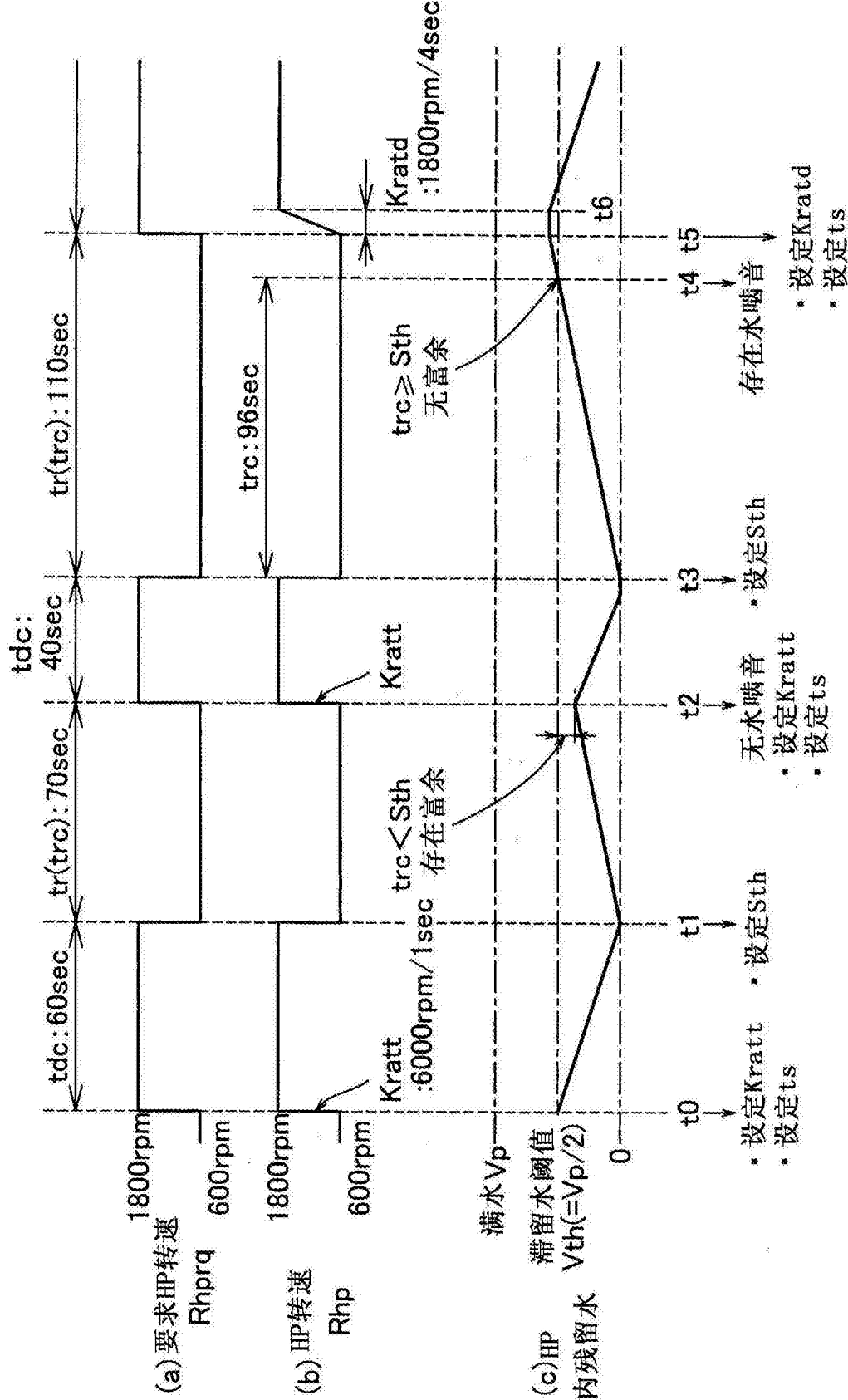


图9