



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103403939 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201280010984. 0

(22) 申请日 2012. 02. 23

(30) 优先权数据

2011-043862 2011. 03. 01 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 08. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/054404 2012. 02. 23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/117937 JA 2012. 09. 07

(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 青木哲也

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

(51) Int. Cl.

H01M 8/04(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2010053027 A1, 2010. 05. 14,

WO 2010053027 A1, 2010. 05. 14,

EP 2270910 A1, 2011. 01. 05,

CN 101138118 A, 2008. 03. 05,

审查员 张闵

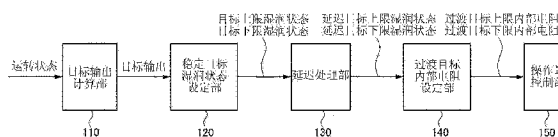
权利要求书2页 说明书10页 附图15页

(54) 发明名称

燃料电池系统

(57) 摘要

将反应气体供给到燃料电池来进行发电的燃料电池系统具备:湿润状态检测单元,其检测燃料电池的电解质膜的湿润状态;稳定时目标湿润状态设定单元,其基于燃料电池系统的运转状态,设定该燃料电池系统稳定运转时的电解质膜的稳定时目标湿润状态;以及过渡时目标湿润状态设定单元,其设定过渡时目标湿润状态,使得在燃料电池系统的运转状态发生变化的过渡运转时,电解质膜的湿润状态从进入过渡运转之前检测出的湿润状态逐渐变化为稳定时目标湿润状态。



1. 一种燃料电池系统, 将反应气体供给到燃料电池来进行发电, 该燃料电池系统具备:

湿润状态检测单元, 其检测上述燃料电池的电解质膜的湿润状态;

稳定时目标湿润状态设定单元, 其基于燃料电池系统的运转状态, 将该燃料电池系统稳定运转时的上述电解质膜的目标湿润状态设定为稳定时目标湿润状态; 以及

过渡时目标湿润状态设定单元, 其设定过渡时目标湿润状态, 使得在上述燃料电池系统的运转状态发生变化的过渡运转时, 上述电解质膜的湿润状态从进入过渡运转之前检测出的湿润状态逐渐变化为上述稳定时目标湿润状态。

2. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述过渡时目标湿润状态设定单元考虑上述燃料电池系统过渡运转时的燃烧消耗率和声振的一方或双方来设定上述过渡时目标湿润状态。

3. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述过渡时目标湿润状态设定单元对上述电解质膜的稳定时目标湿润状态实施限制其变化率的处理来设定上述过渡时目标湿润状态。

4. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述过渡时目标湿润状态设定单元对上述稳定时目标湿润状态实施延迟处理来限制上述过渡时目标湿润状态的变化率。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述过渡时目标湿润状态设定单元使向烘干上述电解质膜的方向控制湿润状态时的上述过渡时目标湿润状态的变化率小于向加湿上述电解质膜的方向控制湿润状态时的上述过渡时目标湿润状态的变化率。

6. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

还具备湿润状态控制单元, 该湿润状态控制单元在上述燃料电池系统稳定运转时, 将上述稳定时目标湿润状态设定为目标湿润状态, 在上述燃料电池系统过渡运转时, 将上述过渡时目标湿润状态设定为目标湿润状态, 基于所设定的该目标湿润状态和电解质膜的湿润状态来控制电解质膜的湿润状态。

7. 根据权利要求 6 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述湿润状态控制单元具备:

目标操作量计算单元, 其基于所设定的上述目标湿润状态来计算目标操作量, 该目标操作量是能够调节上述电解质膜的湿润状态的操作量的目标值;

上下限值设定单元, 其基于燃料电池系统的运转状态来设定上述目标操作量的上限值和下限值; 以及

操作量控制单元, 其控制上述电解质膜的湿润状态的操作量, 使得上述电解质膜的湿润状态的操作量收敛在上述目标操作量的上限值和下限值的范围内。

8. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其特征在于,

上述湿润状态检测单元还具备检测上述燃料电池的内部电阻的内部电阻检测单元,

根据上述燃料电池的电解质膜的湿润状态与上述燃料电池的内部电阻的相关性, 基于由上述内部电阻检测单元检测出的上述燃料电池的内部电阻来检测上述电解质膜的湿润状态。

9. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统,其特征在于,
上述湿润状态检测单元检测上述燃料电池的内部电阻作为上述电解质膜的湿润状态,
上述过渡时目标湿润状态设定单元对上述电解质膜的稳定时目标湿润状态实施限制其变化率的处理来设定过渡时目标湿润状态,

该燃料电池系统还具备:

过渡时内部电阻设定单元,其根据上述电解质膜的湿润状态与上述燃料电池的内部电阻的相关性,基于上述过渡时目标湿润状态来设定过渡时内部电阻;以及

操作量控制单元,其控制能够调节上述电解质膜的湿润状态的操作量,使得上述燃料电池的内部电阻变为上述过渡时内部电阻。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的燃料电池系统,其特征在于,

上述相关性是上述内部电阻相对于上述电解质膜的湿润状态的变化以非线性的特性发生变化的关系。

11. 一种燃料电池系统,将反应气体供给到燃料电池来进行发电,该燃料电池系统具备:

湿润状态检测单元,其检测上述燃料电池的电解质膜的湿润状态;

目标湿润状态设定单元,其基于燃料电池系统的运转状态,设定该燃料电池系统稳定运转时的上述电解质膜的目标湿润状态;

目标操作量计算单元,其基于上述电解质膜的目标湿润状态来计算目标操作量,该目标操作量是能够调节上述电解质膜的湿润状态的操作量的目标值;以及

操作量控制单元,其在上述燃料电池系统的运转状态发生变化的过渡运转时,对上述目标操作量实施限制其变化率的处理来计算过渡时目标操作量,并控制上述电解质膜的湿润状态的操作量使得上述电解质膜的湿润状态的操作量变为该过渡时目标操作量。

燃料电池系统

技术领域

[0001] 本发明涉及燃料电池系统。

背景技术

[0002] 日本 JP2002-352827A 所记载的以往的燃料电池系统公开了以下内容：根据燃料电池系统的运转状态来控制电解质膜的湿润状态。

发明内容

[0003] 然而，在上述的以往的燃料电池系统中，在控制电解质膜的湿润状态时，没有考虑到电解质膜的湿润状态的过渡特性。因此，存在以下的问题：在燃料电池系统的运转状态发生变化的过渡运转时，与作为目标的电解质膜的湿润状态的差变大，反应气体的流量等过渡性地大幅变化，燃烧消耗率和声振性能恶化。

[0004] 本发明是着眼于这种问题而完成的，其目的在于抑制过渡运转时的燃烧消耗率或声振性能的恶化。

[0005] 为了达成上述目的，根据本发明的某个方式，提供了一种燃料电池系统，该燃料电池系统具备：湿润状态检测单元，其检测上述燃料电池的电解质膜的湿润状态；稳定时目标湿润状态设定单元，其基于燃料电池系统的运转状态，将该燃料电池系统稳定运转时的上述电解质膜的目标湿润状态设定为稳定时目标湿润状态；以及过渡时目标湿润状态设定单元，其设定过渡时目标湿润状态，使得在上述燃料电池系统的运转状态发生变化的过渡运转时，上述电解质膜的湿润状态从进入过渡运转之前检测出的湿润状态逐渐变化为上述稳定时目标湿润状态。

[0006] 参照附图，在下面详细说明本发明的实施方式、本发明的优点。

附图说明

[0007] 图 1 是燃料电池系统的概要结构图。

[0008] 图 2 是示出电解质膜的湿润状态与燃料电池堆的内部电阻的关系的图。

[0009] 图 3 是与燃料电池堆的输出相应地示出作为目标的电解质膜的湿润状态的范围的图。

[0010] 图 4 是说明第一实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0011] 图 5 是与图 2 同样地示出电解质膜的湿润状态与燃料电池堆的内部电阻的关系的图。

[0012] 图 6 是示出在延迟处理之前进行变换处理的情况与在延迟处理之后进行变换处理的情况的差别的图。

[0013] 图 7 是说明本实施方式的电解质膜的湿润状态控制的效果的图。

[0014] 图 8 是说明第二实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0015] 图 9 是示出第三实施方式的与燃料电池堆的输出相应地示出作为目标的电解质

膜的湿润状态的范围的图。

[0016] 图 10 是说明第三实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0017] 图 11A 是第三实施方式的过渡目标内部电阻设定部中使用的基于电解质膜的湿润状态来计算燃料电池堆的内部电阻的表。

[0018] 图 11B 是第三实施方式的过渡目标内部电阻设定部中使用的基于电解质膜的湿润状态来计算燃料电池堆的内部电阻的表。

[0019] 图 12 是说明第四实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0020] 图 13 是示出基于燃料电池堆的输出来设定空气过量率的上限和下限的情况下的设定例的一例的图。

[0021] 图 14 是说明第四实施方式的电解质膜的湿润状态控制的效果的图。

[0022] 图 15 是示出基于燃料电池堆的输出来设定正极气体压力的上限和下限的情况下的设定例的一例的图。

[0023] 图 16 是说明燃料电池系统过渡运转时所产生的问题的图。

具体实施方式

[0024] (第一实施方式)

[0025] 燃料电池通过用负极(anode)电极(燃料极)和正极(cathode)电极(氧化剂极)夹持电解质膜并向负极电极供给含氢的负极气体(燃料气体)、向正极电极供给含氧的正极气体(氧化剂气体)来进行发电。在负极电极和正极电极这两个电极处进行的电极反应如下。

[0026] 负极电极: $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \cdots (1)$

[0027] 正极电极: $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} \cdots (2)$

[0028] 通过该(1)(2)的电极反应,燃料电池产生1伏特左右的电动势。

[0029] 在将这种燃料电池用作汽车用动力源的情况下,由于要求的电力大,因此作为将数百块的燃料电池层叠所得的燃料电池堆来进行使用。然后,构成向燃料电池堆供给负极气体和正极气体的燃料电池系统,取出驱动车辆用的电力。

[0030] 图1是本发明的第一实施方式的燃料电池系统100的概要结构图。

[0031] 燃料电池系统100具备燃料电池堆1、负极气体供排装置2、正极气体供排装置3、冷却装置4、DC/DC转换器5、电池(battery)6、电负载7以及控制器8。

[0032] 燃料电池堆1是层叠多块燃料电池而得的,接受负极气体和正极气体的供给来进行发电,产生驱动车辆所需的电力。

[0033] 负极气体供排装置2具备高压罐21、负极气体供给通路22、减压阀23、引射器(ejector)24、循环泵25、负极气体排出通路26、负极气体回流通路27以及净化阀28。

[0034] 高压罐21将要向燃料电池堆1供给的负极气体保持为高压状态来贮存。

[0035] 负极气体供给通路22是流通向燃料电池堆1供给的负极气体的通路,一端连接于高压罐21,另一端连接于燃料电池堆1。

[0036] 减压阀23设置在负极气体供给通路22上。由控制器8控制减压阀23的开度,该减压阀23将从高压罐21流出到负极气体供给通路22的负极气体的压力降低到规定的压力。

[0037] 引射器 24 设置在负极气体供给通路 22 中减压阀 23 的下游。引射器 24 上连接有负极气体回流通路 27, 该负极气体回流通路 27 用于使被排出到负极气体排出通路 26 的未反应的含氢的负极排气返回到负极气体供给通路 22。引射器 24 使从高压罐 21 供给的负极气体与在负极气体回流通路 27 中流动而返回来的负极排气混合以供给到燃料电池堆 1。

[0038] 循环泵 25 设置在负极气体供给通路 22 中引射器 24 的下游。由控制器 8 来控制循环泵 25 的旋转速度, 使得被排出到负极气体排出通路 26 的负极排气在负极气体回流通路 27 中流动而返回到负极气体供给通路 22。

[0039] 负极气体排出通路 26 是流通从燃料电池堆 1 排出的负极排气的通路, 一端连接于燃料电池堆 1。

[0040] 负极气体回流通路 27 的一端连接于负极气体排出通路 26, 另一端连接于设置在负极气体供给通路 22 中的引射器 24。

[0041] 净化阀 28 设置在负极气体排出通路 26 中负极气体排出通路 26 与负极气体回流通路 27 的连接部的下游。由控制器 8 根据需要来开闭净化阀 28, 该净化阀 28 将负极排气排出到外部大气。

[0042] 正极气体供排装置 3 具备正极气体供给通路 31、压缩机 32、流量传感器 33、压力传感器 34、正极气体排出通路 35 以及压力调节阀 36。

[0043] 正极气体供给通路 31 是流通向燃料电池堆 1 供给的正极气体的通路, 一端连接于燃料电池堆 1。

[0044] 压缩机 32 设置在正极气体供给通路 31 中, 将所吸入的空气作为正极气体供给到燃料电池堆 1。

[0045] 流量传感器 33 设置在正极气体供给通路 31 中压缩机 32 的下游。流量传感器 33 检测在正极气体供给通路 31 中流动的正极气体的流量。

[0046] 压力传感器 34 设置在正极气体供给通路 31 中压缩机 32 的下游。压力传感器 34 检测在正极气体供给通路 31 中流动的正极气体的压力。

[0047] 正极气体排出通路 35 是流通从燃料电池堆 1 排出的正极排气的通路, 一端连接于燃料电池堆 1。

[0048] 压力调节阀 36 设置在正极气体排出通路 35 上。由控制器 8 来控制压力调节阀 36 的开度, 该压力调节阀 36 对向燃料电池堆 1 供给的正极气体的压力进行调节。

[0049] 冷却装置 4 具备冷却水循环通路 41、冷却水循环泵 42、散热器 43、旁路通路 44、三通阀 45 以及温度传感器 46。

[0050] 冷却水循环通路 41 是流用于冷却燃料电池堆 1 的冷却水的通路。

[0051] 冷却水循环泵 42 设置在冷却水循环通路 41 中, 使冷却水循环。

[0052] 散热器 43 设置在冷却水循环通路 41 中, 将从燃料电池堆 1 排出的冷却水冷却。

[0053] 旁路通路 44 一端连接于冷却水循环通路 41, 另一端连接于三通阀 45, 以能够使冷却水绕过散热器 43 地循环。

[0054] 三通阀 45 设置在冷却水循环通路 41 中。三通阀 45 根据冷却水的温度来切换冷却水的循环路径。具体地说, 在冷却水的温度相对高时, 对冷却水的循环路径进行切换使得从燃料电池堆 1 排出的冷却水经由散热器 43 再次被供给到燃料电池堆 1。反之, 在冷却水的温度相对低时, 对冷却水的循环路径进行切换使得从燃料电池堆 1 排出的冷却水不经由

散热器 43 而在旁路通路 44 中流动来再次被供给到燃料电池堆 1。

[0055] 温度传感器 46 设置在冷却水循环通路 41 中,对在冷却水循环通路 41 中流动的冷却水的温度进行检测。

[0056] DC/DC 转换器 5 与燃料电池堆 1 电连接。DC/DC 转换器 5 是使燃料电池堆 1 的电压升降的双向性的电压变换机,基于直流输入得到直流输出,并且将输入电压变换为任意的输出电压。

[0057] 电池 6 例如是锂离子二次电池等的能够进行充放电的二次电池。电池 6 与 DC/DC 转换器 5 和电负载 7 电连接。

[0058] 电负载 7 与 DC/DC 转换器 5 和电池 6 电连接,消耗电力。作为电负载 7,例如有用用于驱动车辆的电动机等。

[0059] 控制器 8 由具备中央运算装置 (CPU)、只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM) 以及输入输出接口 (I/O 接口) 的微计算机构成。

[0060] 除了上述的流量传感器 33、压力传感器 34 以及温度传感器 46 以外,检测燃料电池堆 1 的输出电流的电流传感器 81、检测燃料电池堆 1 的输出电压的电压传感器 82、检测加速踏板的踏下量 (以下称为“加速操作量”。) 的加速行程传感器 83、检测电池 6 的充电量的 SOC 传感器 84 等用于检测燃料电池系统 100 的运转状态的信号也被输入到控制器 8。控制器 8 基于这些输入信号来计算燃料电池堆 1 的目标输出,以控制向燃料电池堆 1 供给的负极气体和正极气体的流量。

[0061] 另外,控制器 8 对构成燃料电池堆 1 的各燃料电池的电解质膜的膜中水分量进行调节,以使电解质膜的湿润状态为与燃料电池堆 1 的输出相应的最佳状态的方式控制燃料电池系统 100。

[0062] 图 2 是示出电解质膜的湿润状态与燃料电池堆 1 的内部高频电阻 (HFR; High Frequency Resistance) (下面称为“内部电阻”。) 的关系的图。在本实施方式中,根据电解质膜的润湿情况将电解质膜的湿润状态数值化为 0 到 1 的范围来进行表示,当电解质膜为完全干燥的状态时设为 1。

[0063] 已知如图 2 所示,电解质膜的湿润状态与燃料电池堆 1 的内部电阻具有相关性,电解质膜的膜中水分量越少、越处于电解质膜干燥的状态时,燃料电池堆 1 的内部电阻越高。因而,能够通过检测燃料电池堆 1 的内部电阻来间接地掌握燃料电池的电解质膜的湿润状态。

[0064] 因此,在本实施方式中,利用交流阻抗法,通过运算来检测燃料电池堆 1 的内部电阻。具体地说,控制 DC/DC 转换器 58 来将交流电流与燃料电池堆 1 的输出电流相重叠,利用电压传感器 82 来检测此时的燃料电池堆 1 的电压值。然后,基于该电压值来运算重叠得到的交流电流的电压振幅,通过用该电压振幅除以重叠得到的交流电流的电流振幅来运算燃料电池的内部电阻。

[0065] 然后,对电解质膜的膜中水分量进行调节,使得内部电阻收敛到燃料电池系统 100 以目标输出而稳定运转的情况下所要求的内部电阻 (下面称为“作为目标的内部电阻”) 的范围内。

[0066] 作为目标的内部电阻的范围换言之即为燃料电池系统 100 以目标输出而稳定运转的情况下所要求的电解质膜的湿润状态 (下面称为“作为目标的电解质膜的湿润状态”)

的范围。因而,如果基于燃料电池堆 1 的目标输出来设定作为目标的电解质膜的湿润状态的范围,则能够根据湿润状态与内部电阻的相关性来基于该作为目标的电解质膜的湿润状态的范围设定作为目标的内部电阻的范围。

[0067] 图 3 是与燃料电池堆 1 的输出相应地示出作为目标的电解质膜的湿润状态的范围的图。下面,将作为目标的电解质膜的湿润状态的范围的上限称为“目标上限湿润状态”,将下限称为“目标下限湿润状态”。

[0068] 如图 3 所示,作为目标的电解质膜的湿润状态的范围根据燃料电池堆 1 的输出而变化,燃料电池堆 1 的输出越大,目标上限湿润状态和目标下限湿润状态越低。因而,燃料电池堆 1 的输出越大,越需要增加电解质膜的膜中水分量地控制燃料电池系统 100。

[0069] 作为调节电解质膜的膜中水分量的方法,有控制正极气体的流量、压力、冷却水的温度等的方法。在本实施方式中通过控制正极气体的流量来调节电解质膜的膜中水分量。越增加正极气体的流量,电解质膜的膜中水分量越少,电解质膜越呈干燥的状态。

[0070] 因而,在燃料电池系统 100 过渡运转时、即加速操作量等发生变化而目标输出发生变化时,需要控制正极气体的流量使得燃料电池堆 1 的输出变为目标输出,还要使电解质膜的湿润状态收敛到作为目标的电解质膜的湿润状态的范围。

[0071] 然而,电解质膜的湿润状态的过渡特性与燃料电池堆 1 的输出的过渡特性之间存在差异,电解质膜的湿润状态比堆输出滞后地缓慢变化。因此,可知:当单纯基于燃料电池堆 1 的目标输出来设定作为目标的电解质膜的湿润状态的范围、基于该作为目标的电解质膜的湿润状态来设定作为目标的内部电阻的范围时,会在燃料电池系统 100 过渡运转时供给过量的正极气体,燃烧消耗率和声振性能的一方或双方会恶化。下面,就该燃料电池系统 100 过渡运转时所产生的问题,参照图 16 进行说明。

[0072] 图 16 是说明燃料电池系统 100 过渡运转时所产生的问题的图。图 16 的 (A) 表示空气过量率(=供氧量/耗氧量),图 16 的 (B) 表示燃料电池堆 1 的内部电阻。

[0073] 设在时刻 t_1 ,燃料电池系统 100 的运转状态发生变化,燃料电池堆 1 的目标输出降低。

[0074] 如图 16 的 (A) 所示,能够在时刻 t_1 输出降低后的目标输出且能够将内部电阻收敛到燃料电池系统 100 以该目标输出而稳定运转的情况下所要求的内部电阻的范围(作为目标的内部电阻的范围)的空气过量率为时刻 t_2 以后所示的第一空气过量率。

[0075] 在此,考虑燃料电池堆 1 的目标输出阶梯式地变化的情况。在这种情况下,当基于在时刻 t_1 阶梯式地变化后得到的燃料电池堆的目标输出来最终地设定作为目标的内部电阻的范围时,会如图 16 的 (B) 所示那样,作为目标的内部电阻的范围也阶梯式地变化。

[0076] 然而,如上所述,电解质膜的湿润状态的过渡特性与燃料电池堆 1 的输出的过渡特性之间存在差异,电解质膜的湿润状态比堆输出滞后地缓慢变化。因此,当像这样按照燃料电池堆 1 的目标输出的变化来阶梯式地改变作为目标的内部电阻的范围时,会如图 16 的 (B) 所示那样,过渡性地内部电阻与作为目标的内部电阻之差变大。

[0077] 因此,进行反馈控制以减小内部电阻与作为目标的内部电阻之差,因此会供给过量的正极气体,在时刻 t_1 到时刻 t_2 的区间内,空气过量率会大于第一空气过量率。因此,燃烧消耗率和声振性能的一方或双方恶化。

[0078] 因此,在本实施方式中,在燃料电池系统 100 过渡运转时,以符合电解质膜的湿润

状态的过渡特性的方式控制正极气体的流量。也就是说,并不阶梯式地改变作为目标的内部电阻的范围而是限制其变化率,与过渡运转时的实际的电解质膜的湿润状态的变化对应地改变作为目标的内部电阻的范围。由此,能够抑制供给以目标输出稳定运转的情况下所需的正极气体流量以上的正极气体的情况,因此能够抑制过渡运转时的燃烧消耗率和声振性能的一方或双方的恶化。下面,说明该本实施方式的电解质膜的湿润状态控制。

[0079] 图 4 是说明本实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0080] 目标输出计算部 110 基于燃料电池系统 100 的运转状态来计算燃料电池堆 1 的目标输出。基本上,加速操作量越大时,燃料电池堆 1 的目标输出越大。

[0081] 稳定目标湿润状态设定部 120 基于目标输出来设定燃料电池系统 100 以该目标输出而稳定运转的情况下所要求的电解质膜的湿润状态的范围、即作为目标的电解质膜的湿润状态的范围。具体地说,基于目标输出,参照图 3 来计算目标上限湿润状态和目标下限湿润状态,以设定作为目标的电解质膜的湿润状态的范围。

[0082] 延迟处理部 130 为了使电解质膜的湿润状态的变化符合电解质膜的湿润状态的过渡特性而对目标上限湿润状态和目标下限湿润状态实施延迟处理。延迟处理是通过抑制输入所包含的高频成分来限制每单位时间的变化率并输出的处理,称为一次延迟处理、二次延迟处理等。如果符合电解质膜的湿润状态的过渡特性,则延迟处理的内容没有特别限定。下面,将通过该延迟处理部 130 实施延迟处理后的目标上限湿润状态称为“延迟目标上限湿润状态”,将通过该延迟处理部 130 实施延迟处理后的目标下限湿润状态称为“延迟目标下限湿润状态”。

[0083] 在此,电解质膜的湿润状态的过渡特性在向烘干电解质膜的方向控制的情况下和向加湿的方向控制的情况下是不同的。这是由于,电解质膜的膜中水分量的变化速度在增加水分量的情况下(加湿电解质膜的情况下)和减少的情况下(烘干电解质膜的情况下)是不同的。简而言之,烘干电解质膜比加湿电解质膜耗费时间。

[0084] 另外,在想要通过内部电阻的反馈控制来将电解质膜的湿润状态向相对干燥一侧控制的情况下,若在向电解质膜的膜中水分量减少一侧控制时控制过度变化而比目标的湿润状态更干燥(dry),则会导致电解质膜的劣化。这比过度变化成为比目标的湿润状态湿润(wet)更严重。

[0085] 因而,与增加电解质膜的膜中水分量时相比,在减少电解质膜的膜中水分量时,到将电解质膜的湿润状态收敛到作为目标的电解质膜的湿润状态的范围为止更耗费时间。而且,考虑到过度变化问题,优选使向干燥侧的收敛时间更慢。

[0086] 因此,在延迟处理部 130 中,按照这种电解质膜的湿润状态的过渡特性,使减少电解质膜的膜中水分量的情况下的延迟时间比增加的情况下的延迟时间长。在此,在进行一次延迟处理作为延迟处理的情况下,延长延迟时间意味着增大一次延迟的时间常数,意味着以进一步减小每单位时间的变化率的方式进行处理。由此,能够符合电解质膜的湿润状态的过渡特性地高精度地改变电解质膜的湿润状态。

[0087] 过渡目标内部电阻设定部 140 基于延迟目标上限湿润状态和延迟目标下限湿润状态,参照图 2 来计算燃料电池系统 100 过渡运转时的内部电阻的目标上限值(下面称为“过渡目标上限内部电阻”)和目标下限值(下面称为“过渡目标下限内部电阻”)。也就是说,过渡目标内部电阻设定部 140 将延迟目标上限湿润状态和延迟目标下限湿润状态变换

为过渡目标上限内部电阻和过渡目标下限内部电阻。

[0088] 操作量控制部 150 控制正极气体的流量以使内部电阻收敛到过渡目标上限内部电阻与过渡目标下限内部电阻之间。

[0089] 下面,参照图 5 和图 6 来说明在延迟处理部 130 之后设置过渡目标内部电阻设定部 140 的理由、即在延迟处理之后进行变换处理的理由。

[0090] 图 5 与图 2 同样地,是示出电解质膜的湿润状态与燃料电池堆 1 的内部电阻的关系的图。图 6 是示出延迟处理之前进行变换处理的情况与在延迟处理之后进行变换处理的情况的差的图。

[0091] 如图 5 所示,将电解质膜的膜中水分量少时膜中水分多时进行比较,即使膜中水分增加相同量,内部电阻的变化量也不同。具体地说,与从电解质膜的膜中水分多的状态(电解质膜湿润的状态)增加膜中水分时相比,在从电解质膜的膜中水分少的状态(电解质膜干燥的状态)增加膜中水分时,内部电阻的变化量更大。

[0092] 这样,在电解质膜的湿润状态与内部电阻之间,内部电阻相对于电解质膜的湿润状态的变化以非线性的特性发生变化的关系成立。

[0093] 因此,如图 6 中实线所示,在延迟处理之后进行变换处理的情况下,在时刻 t_1 从电解质膜的膜中水分多的状态减少膜中水分时,能够再现这种非线性的特性。也就是说,能够在最初减小内部电阻的变化,随着膜中水分的减少来逐渐增大内部电阻的变化。

[0094] 另一方面,在延迟处理之前进行变换处理的情况下,如果例如延迟处理的内容是一次延迟处理,则如图 6 中虚线所示,为单纯的一次延迟处理,而无法再现这种非线性的特性。

[0095] 在时刻 t_2 从电解质膜的膜中水分少的状态增大膜中水分的情况下也同样,当在延迟处理之后进行变换处理时,能够在最初增大内部电阻的变化,随着膜中水分的增大逐渐减小内部电阻的变化。

[0096] 由此,能够使电解质膜的湿润状态的变化高精度地符合电解质膜的湿润状态的过渡特性。

[0097] 图 7 是说明本实施方式的电解质膜的湿润状态控制的效果的图。图 7 的 (A) 表示空气过量率,图 7 的 (B) 表示燃料电池堆 1 的内部电阻。

[0098] 当在时刻 t_1 加速操作量减少而燃料电池堆 1 的目标输出降低时,作为目标的电解质膜的湿润状态的范围与目标输出的变化相应地变化,如图 7 的 (B) 中虚线所示,作为目标的内部电阻的范围变化。

[0099] 此时,在本实施方式中,考虑电解质膜的湿润状态比燃料电池堆 1 的输出滞后地变化的情况,对作为目标的电解质膜的湿润状态的范围的上限和下限、即目标上限湿润状态和目标下限湿润状态实施延迟处理。

[0100] 而且,考虑内部电阻相对于电解质膜的湿润状态的变化以非线性的特性发生变化的情况,基于延迟目标上限湿润状态和延迟目标下限湿润状态,如图 5 的 (B) 中实线所示的那样计算过渡目标上限内部电阻和过渡目标下限内部电阻。

[0101] 由此,在燃料电池系统 100 过渡运转时,能够设定符合电解质膜的湿润状态的过渡特性的内部电阻的目标范围。

[0102] 因此,在时刻 t_1 到时刻 t_2 的区间内,能够防止空气过量率过大而超过第一空气过

量率,从而能够防止过量地供给正极气体。因此,能够提高燃料电池系统 100 过渡运转时的燃烧消耗率和声振性能的一方或双方。

[0103] 在此,在图 7 的 (B) 中,关于以虚线围起来的部分,内部电阻超出了作为目标的内部电阻的范围,因此也认为会成为问题。

[0104] 然而,在目标输出降低的情况下,过渡性地变为燃料电池堆 1 的温度高的状态,因此电解质膜的膜中水分量优选为比燃料电池系统 100 以目标输出而稳定运转的情况下所要求的膜中水分量稍多的状态。也就是说,优选的是,在目标输出降低的情况下,过渡性地成为比燃料电池系统 100 以目标输出而稳定运转的情况下所要求的内部电阻低的值。

[0105] 因而,即使如本实施方式那样内部电阻超出作为目标的内部电阻的范围也不会成为问题,反之较为优选。

[0106] 根据以上说明的本实施方式,考虑电解质膜的湿润状态比燃料电池堆 1 的输出滞后地变化的情况,对电解质膜的湿润状态的变化率进行限制。

[0107] 具体地说,对目标上限湿润状态和目标下限湿润状态实施延迟处理。而且,使燃料电池堆 1 的目标输出向烘干电解质的方向变化的情况下的延迟时间比燃料电池堆 1 的目标输出向加湿电解质膜的方向变化的情况下的延迟时间长。

[0108] 由此,能够以符合电解质膜的湿润状态的过渡特性的方式来控制能够调节电解质膜的湿润状态的操作量(正极气体的流量、压力、冷却水温度)。因此,能够在燃料电池系统 100 过渡运转时抑制这些操作量过渡性地激烈变动的情况。因此,能够抑制过渡运转时的燃烧消耗率和声振性能的一方或双方的恶化。

[0109] 另外,在本实施方式中,考虑内部电阻相对于电解质膜的湿润状态的变化以非线性的特性发生变化的情况,基于延迟目标上限湿润状态和延迟目标下限湿润状态来计算过渡目标上限内部电阻和过渡目标下限内部电阻。

[0110] 由此,在从电解质膜的膜中水分量多的状态减少膜中水分量时,能够以使电解质膜的湿润状态的变化随着膜中水分量的减少而渐渐变大的方式,来控制能够调节电解质膜的湿润状态的操作量。

[0111] 另一方面,在从电解质膜的膜中水分量少的状态增大膜中水分量时,能够以使电解质膜的湿润状态的变化随着膜中水分量的增大而渐渐变小的方式,来控制能够调节电解质膜的湿润状态的操作量。

[0112] 因此,能够更高精度地符合电解质膜的湿润状态的过渡特性地改变电解质膜的湿润状态。因此,能够在燃料电池系统 100 过渡运转时抑制这些操作量过渡性地激烈变动的情况。因此,能够抑制过渡运转时的燃烧消耗率和声振性能的一方或双方的恶化。

[0113] (第二实施方式)

[0114] 接着,说明本发明的第二实施方式。本实施方式在同时进行延迟处理和变换处理这一点上与第一实施方式不同。下面,以该不同点为中心来进行说明。此外,在下面的各实施方式中,对与上述的第一实施方式发挥同样功能的部分使用同一标记并适当省略重复的说明。

[0115] 图 8 是说明本发明的第二实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0116] 湿润状态判断部 260 基于所检测出的内部电阻,参照图 2 来判断当前的电解质膜的湿润状态。

[0117] 操作量控制部 250 控制正极气体的流量,使得由湿润状态判断部 210 判断出的电解质膜的湿润状态收敛于实施延迟处理后的目标上限湿润状态与目标下限湿润状态之间。

[0118] 这样,在第一实施方式中,将电解质膜的湿润状态变换为了内部电阻,但是也可以与之相反地将内部电阻变换为电解质膜的湿润状态。

[0119] 根据以上说明的本实施方式,可以得到与第一实施方式同样的效果,并且能够同时进行延迟处理和变换处理。

[0120] (第三实施方式)

[0121] 接着,说明本发明的第三实施方式。本实施方式在简化了电解质膜的湿润状态的控制的处理这一点上与第一实施方式不同。下面,以该不同点为中心来进行说明。

[0122] 图 9 是与燃料电池堆 1 的输出相应地示出本实施方式的作为目标的电解质膜的湿润状态的范围的图。

[0123] 在第一实施方式中,以下面的情况为前提:如图 3 所示,作为目标的电解质膜的湿润状态与燃料电池堆 1 的输出相应地非线性变化。然而,如图 9 所示,也存在作为目标的电解质膜的湿润状态与燃料电池堆 1 的输出相应地线性变化的情况。

[0124] 在这种情况下,在第一实施方式的电解质膜的湿润状态控制中,能够省略稳定目标湿润状态设定部 120。下面,就这一点进行说明。

[0125] 图 10 是说明本发明的第三实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0126] 在作为目标的电解质膜的湿润状态的范围与燃料电池堆 1 的输出相应地线性变化的情况下,参照图 9,基于目标输出而计算出的目标上限湿润状态和目标下限湿润状态不过是使目标输出分别乘以规定的系数 k_1 、 k_2 而得到的,下面的式 (3) 和式 (4) 成立。

[0127] 目标上限湿润状态 $= k_1 \times$ 目标输出 $\cdots (3)$

[0128] 目标下限湿润状态 $= k_2 \times$ 目标输出 $\cdots (4)$

[0129] 因而,将目标输出直接输入到延迟处理部 130 的情况与输入使目标上限湿润状态和目标下限湿润状态分别乘以 $1/k_1$ 、 $1/k_2$ 后得到的值的情况是相同的。其结果,基于延迟处理而输出的是使延迟目标上限湿润状态和延迟目标下限湿润状态分别乘以 $1/k_1$ 、 $1/k_2$ 后得到的值。

[0130] 因此,在本实施方式中,在过渡目标内部电阻设定部 340 中,如图 11A 所示,基于使横轴的湿润状态乘以 $1/k_1$ 后得到的值,来将延迟目标上限湿润状态变换为过渡目标上限内部电阻。在图 11A 中,当电解质膜为完全干燥的状态时为 $1/k_1$ 。另外,如图 11B 所示,基于使横轴的湿润状态乘以 $1/k_2$ 后得到的值,来将延迟目标下限湿润状态变换为过渡目标下限内部电阻。在图 11B 中,当电解质膜为完全干燥的状态时为 $1/k_2$ 。

[0131] 由此,即使在目标输出被直接输入到延迟处理部 130 的情况下,也能够无问题地计算过渡目标上限内部电阻和过渡目标上限内部电阻。

[0132] 根据以上说明的本实施方式,可以得到与第一实施方式同样的效果,而且与第一实施方式相比能够简化处理内容。

[0133] (第四实施方式)

[0134] 接着,说明本发明的第四实施方式。本实施方式在直接控制正极气体的流量这一点上与第一实施方式不同。下面,以该不同点为中心来进行说明。

[0135] 图 12 是说明本发明的第四实施方式的电解质膜的湿润状态控制的框图。

[0136] 目标操作量计算部 470 计算将电解质膜的湿润状态收敛到作为目标的电解质膜的湿润状态的范围内所需的正极气体流量的目标值（下面称为“目标正极气体流量”）。

[0137] 延迟处理部 430 对目标正极气体流量实施延迟处理，来计算延迟目标正极气体流量。

[0138] 上下限值设定部 480 基于燃料电池堆 1 的输出来设定目标正极气体流量的上限值和下限值。具体地说，如下那样进行设定。

[0139] 图 13 是示出基于燃料电池堆 1 的输出来设定空气过量率的上限和下限的情况下的设定例的一例的图。

[0140] 在上下限值设定部 480 中，参照图 13，基于燃料电池堆 1 的输出来设定空气过量率的上限和下限。然后，基于所设定的空气过量率的上限和下限来设定目标正极气体流量的上限值和下限值。在图 13 中，空气过量率的上限是考虑燃烧消耗率、声振性能而设定的。空气过量率的下限是以不产生液泛的方式而设定的。

[0141] 在操作量控制部 450 中，基于延迟目标正极气体操作量来控制正极气体流量。此时，如果延迟目标正极气体流量超过上限值，则控制正极气体流量使得不超过上限值。另一方面，如果延迟目标正极气体流量低于下限值，则控制正极气体流量使得不低于下限值。

[0142] 图 14 是说明本实施方式的电解质膜的湿润状态的控制的效果的图。图 14 的 (A) 表示空气过量率，图 14 的 (B) 表示燃料电池堆 1 的内部电阻。

[0143] 如图 14 的 (A) 所示，在本实施方式中，按照电解质膜的过渡特性来直接控制正极气体的流量。由此，如图 14 的 (B) 所示，在燃料电池系统 100 过渡运转时，即使内部电阻与作为目标的内部电阻之差变大，也不会过量地供给正极气体而能够抑制燃烧消耗率和声振性能的一方或双方的恶化。

[0144] 根据以上说明的本实施方式，在将电解质膜的湿润状态向作为目标的电解质膜的湿润状态的范围内进行控制时，能够对正极气体流量的变化直接施加限制。因此，能够可靠地防止正极气体的流量的过量供给，因此能够抑制燃烧消耗率和声振性能的一方或双方的恶化。

[0145] 以上，说明了本发明的实施方式，但是上述实施方式不过是示出了本发明的应用例的一部分，其宗旨并不在于将本发明的技术范围限定于上述实施方式的具体结构。

[0146] 例如，在第四实施方式中，直接控制正极气体的流量，但是也可以控制正极气体的压力或冷却水的温度。

[0147] 在对正极气体的压力进行控制的情况下，能够参照图 15 来设定正极气体的压力的上限和下限。在图 15 中，正极气体的压力的上限是考虑到部件耐压、燃烧消耗率而设定的。正极气体的压力的下限是以不使压力损耗过大、而且燃料电池堆 1 的输出效率不降低的方式而设定的。

[0148] 在对冷却水的温度进行控制的情况下，不根据燃料电池系统 100 的输出来改变上限和下限，但是会考虑燃料电池的劣化（温度越高，催化剂、电解质膜越容易劣化）来设定上限。考虑燃料电池堆 1 的输出（当温度下降时效率降低）来设定下限。

[0149] 本申请主张 2011 年 3 月 1 日向日本专利局申请的特愿 2011-043862 号的优先权，通过参照将该申请的全部内容引入本说明书中。

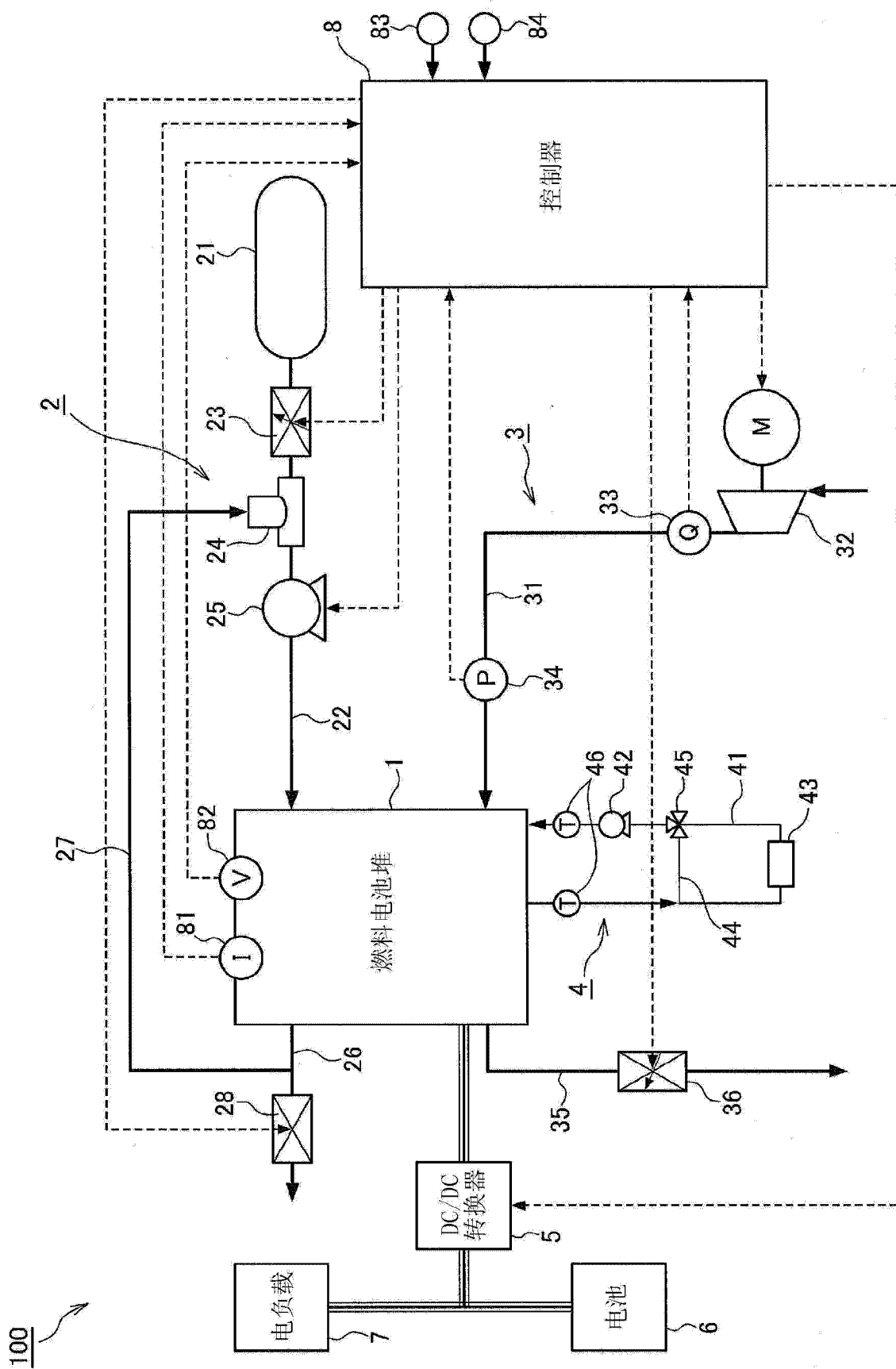


图 1

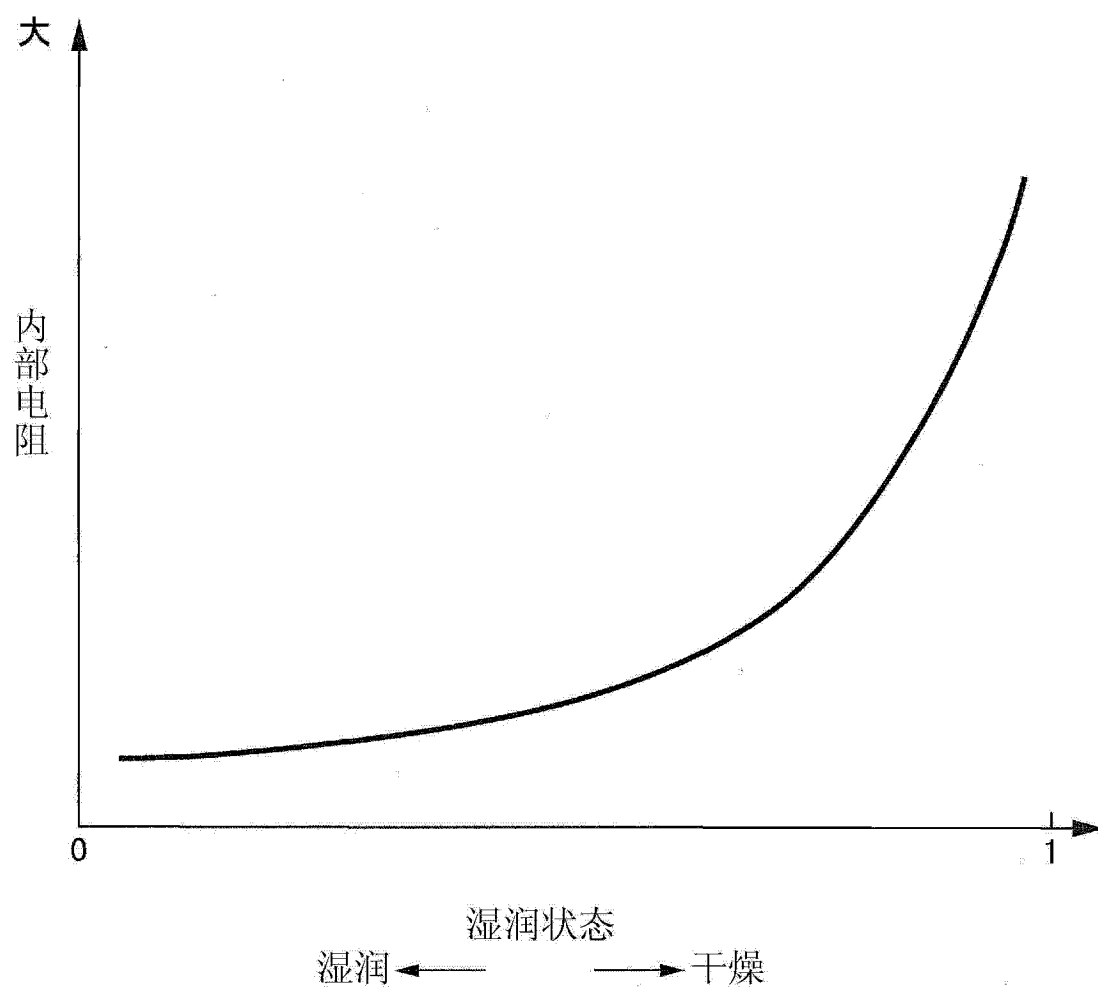


图 2

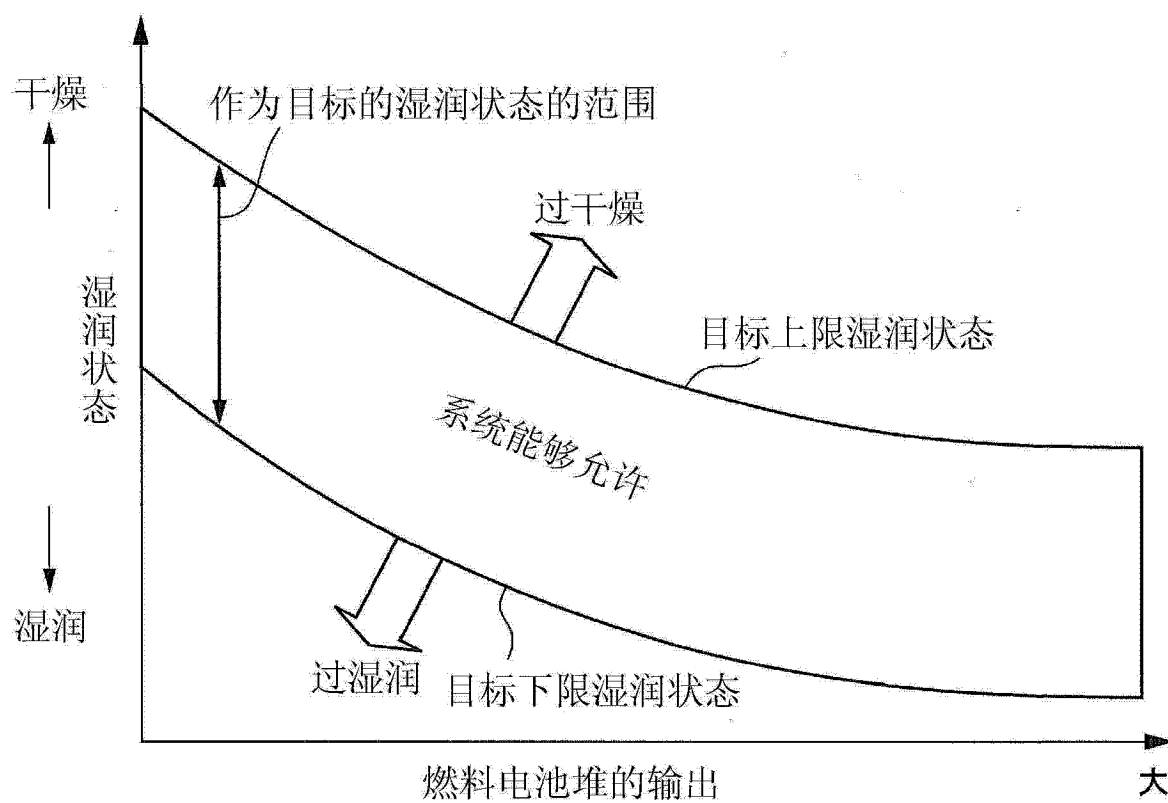


图 3

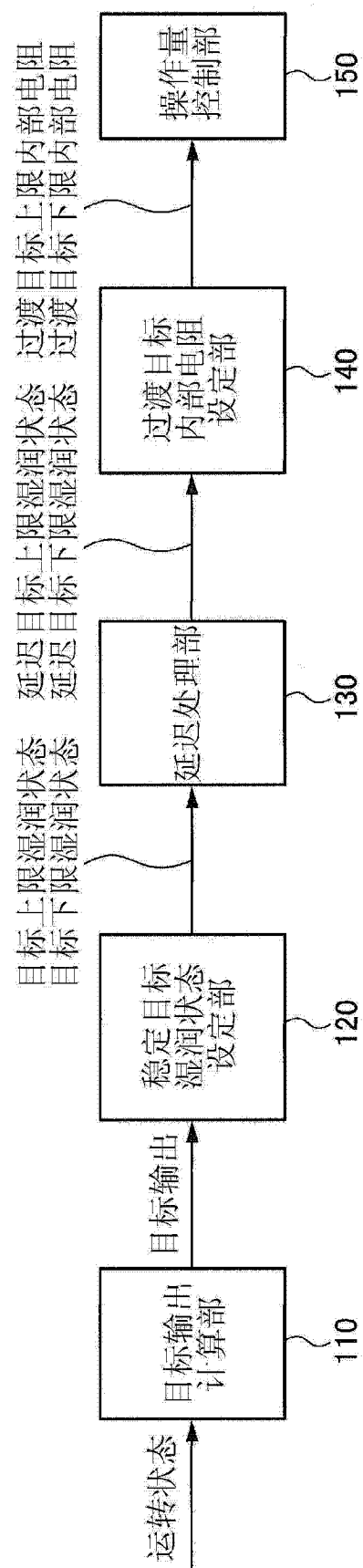


图 4

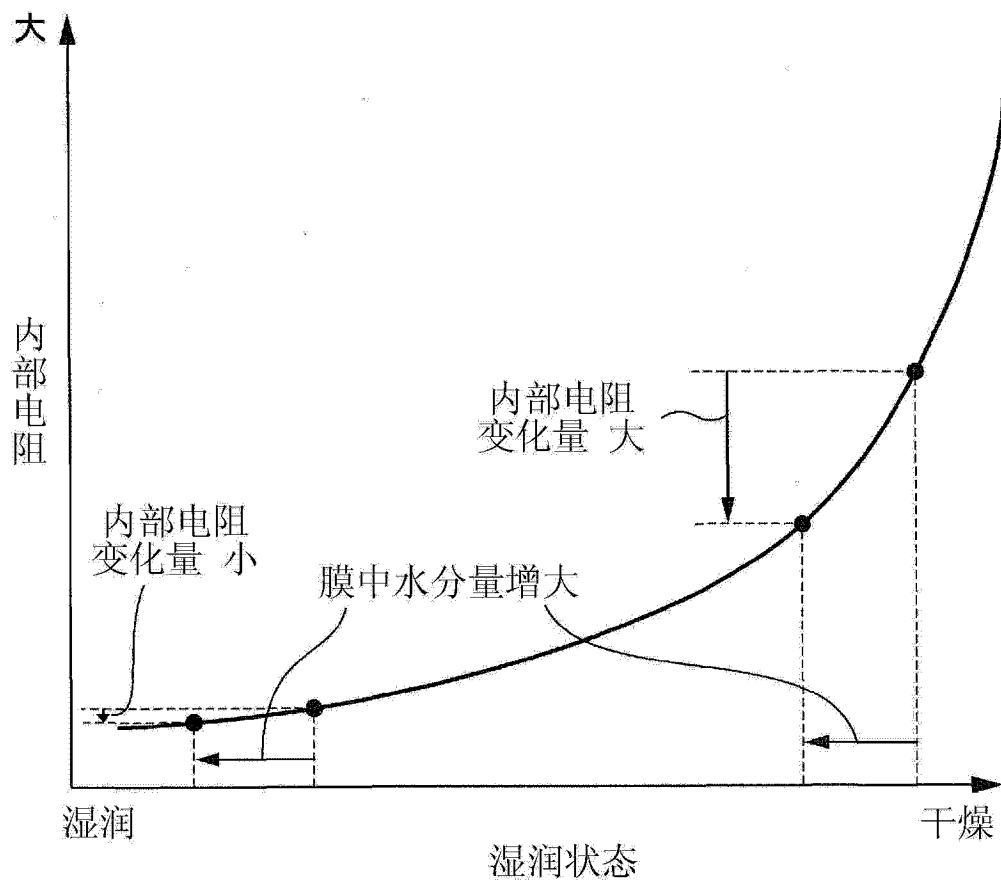


图 5

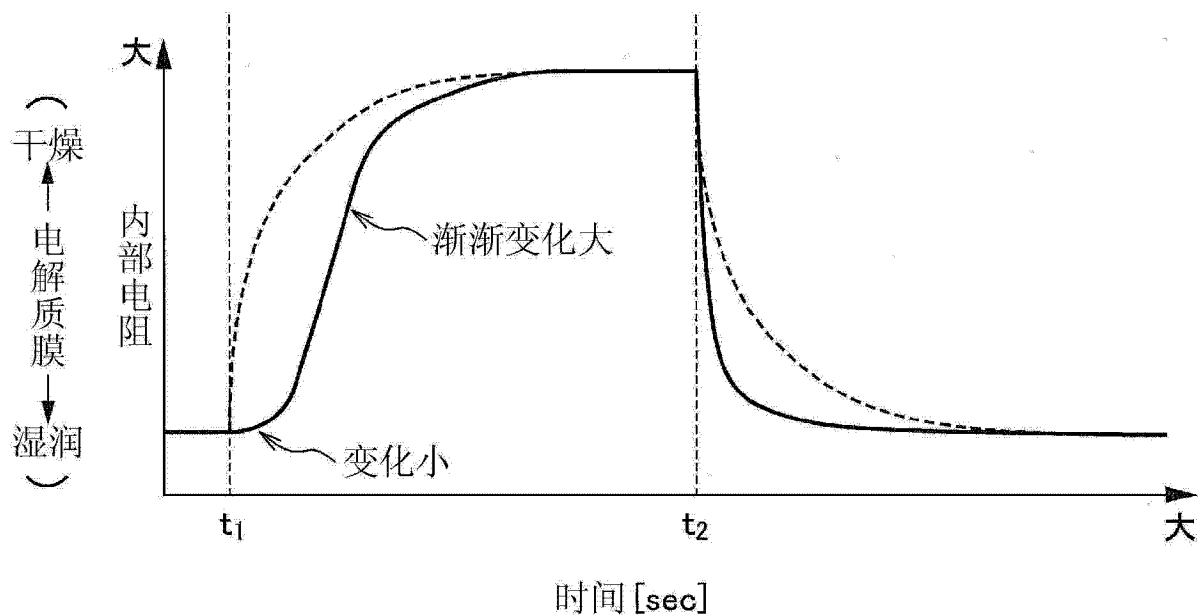


图 6

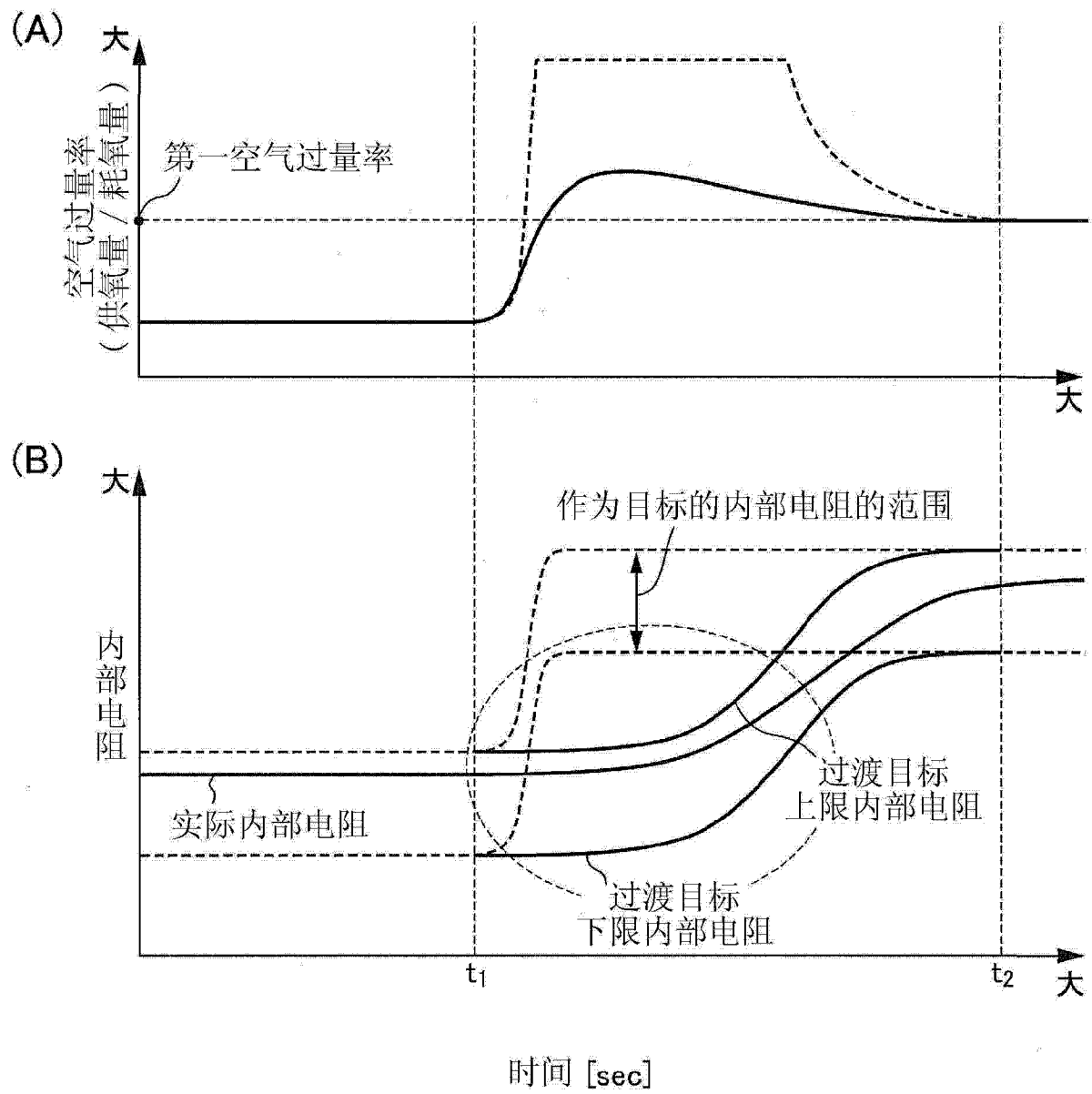


图 7

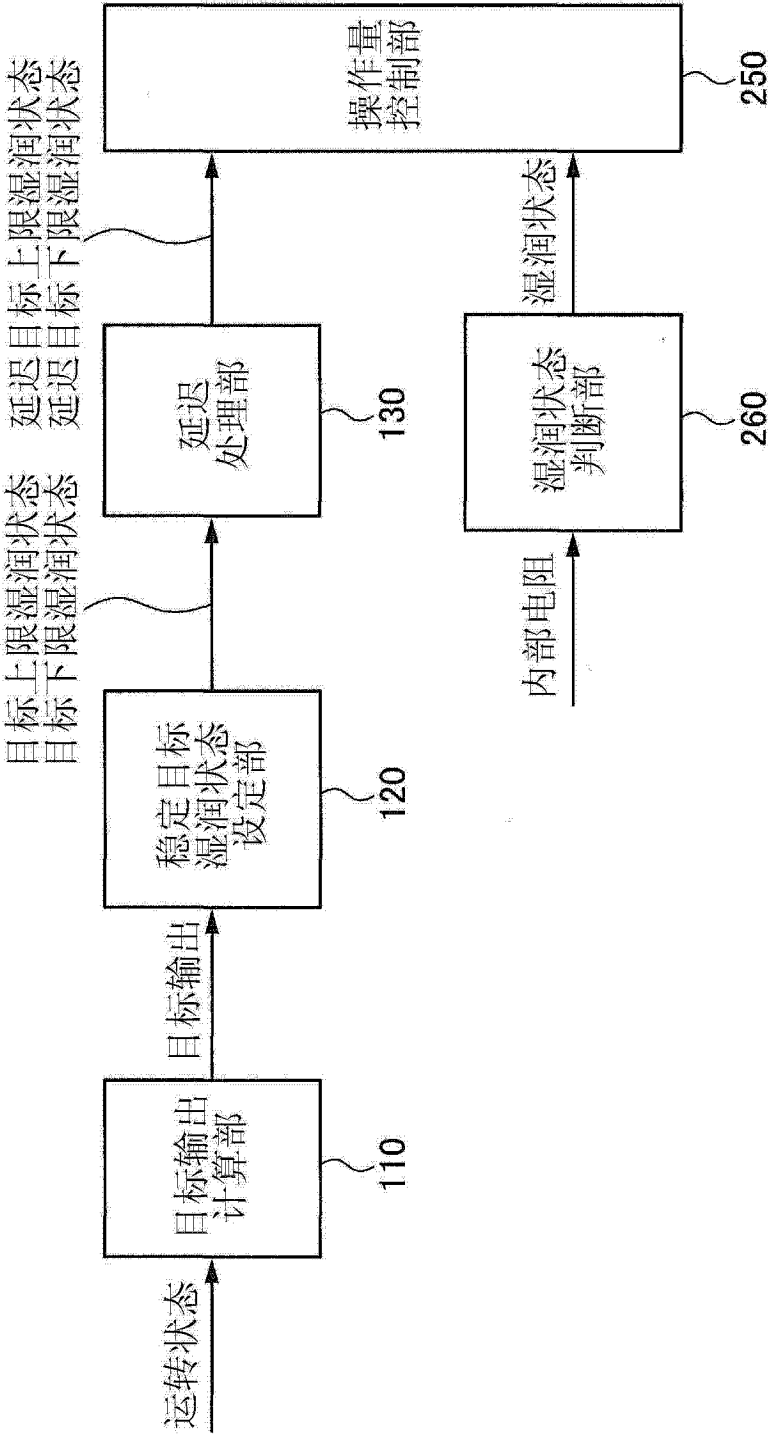


图 8

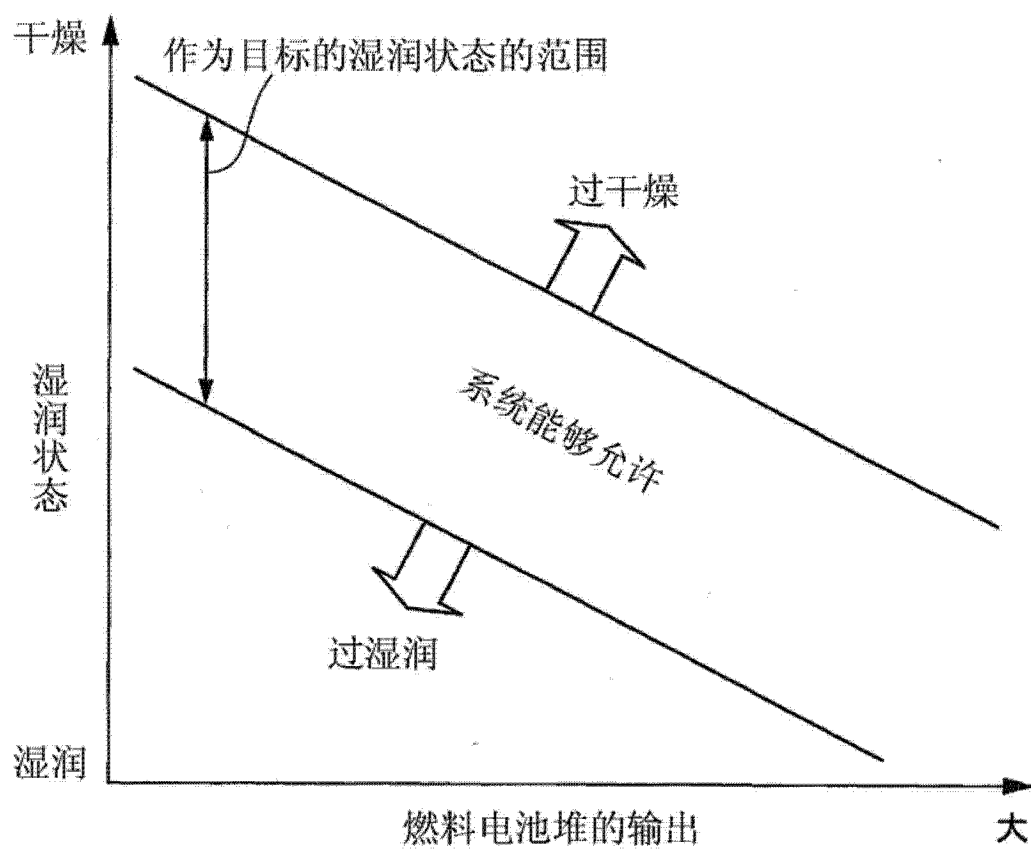


图 9

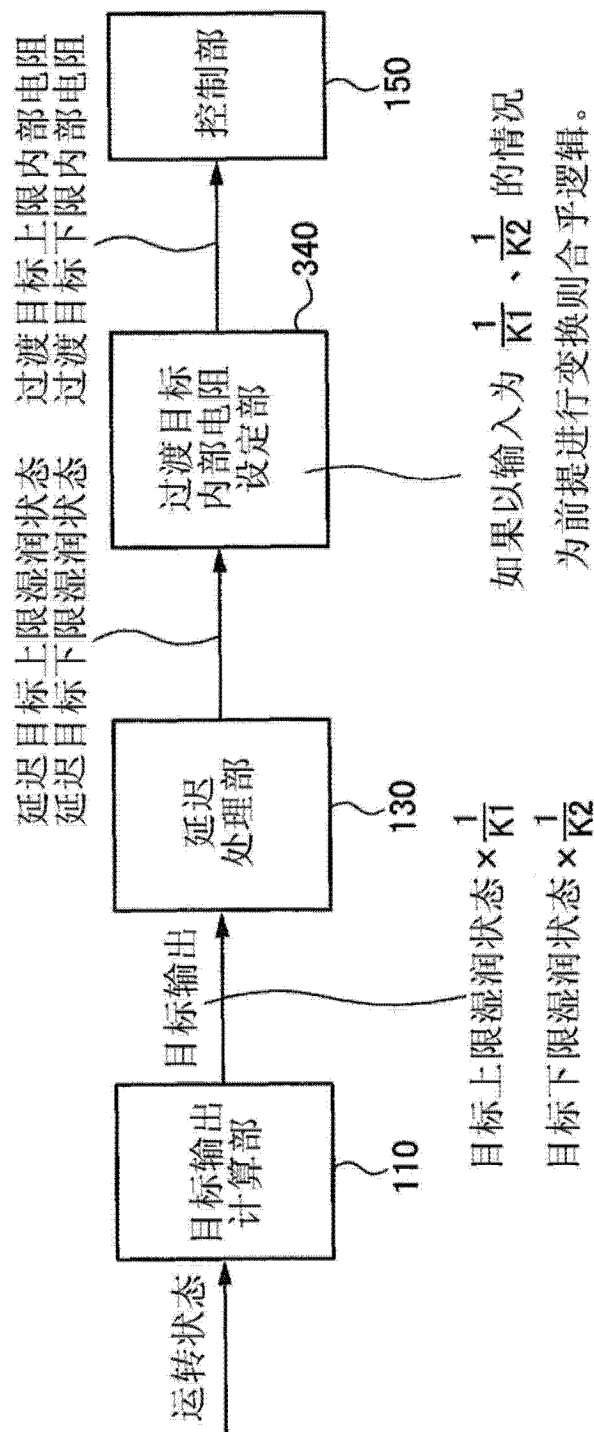


图 10

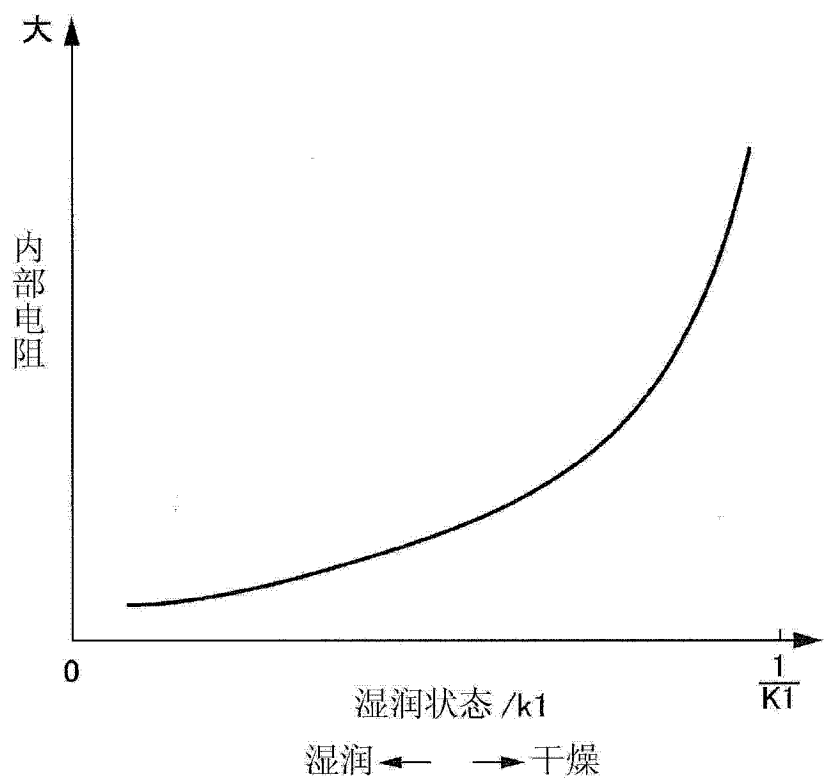


图 11A

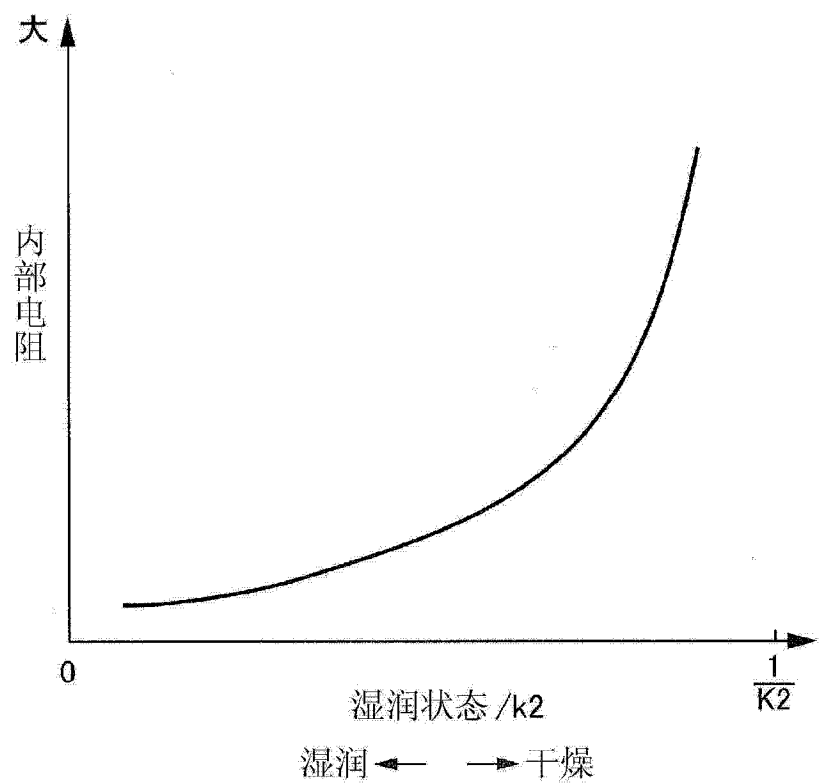


图 11B

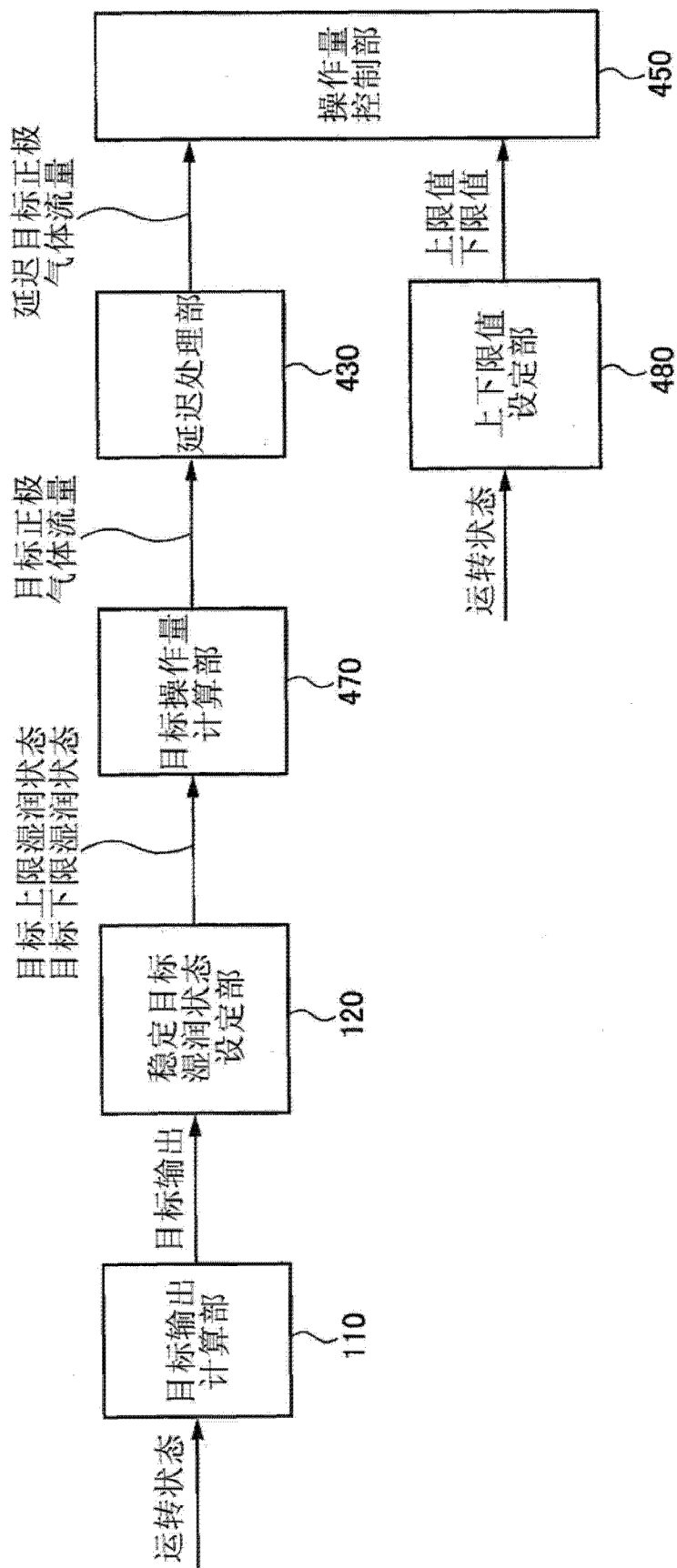


图 12

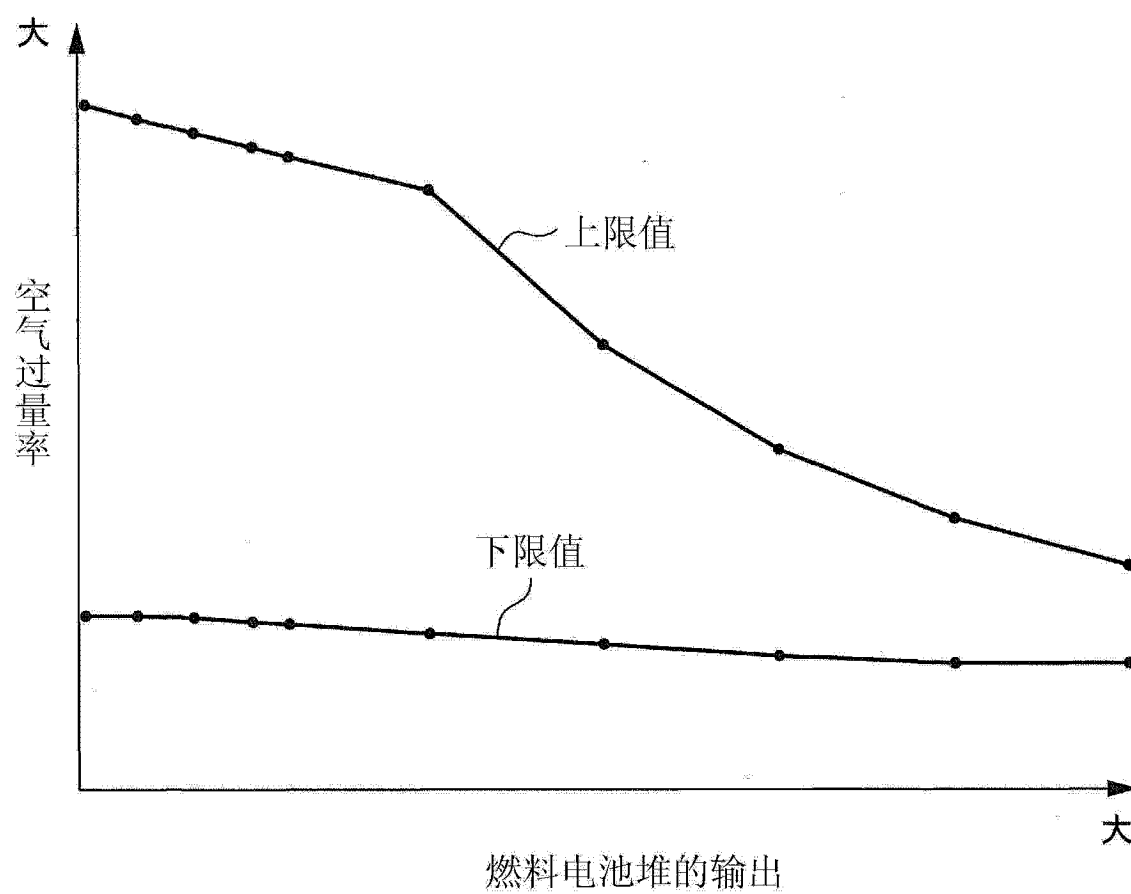


图 13

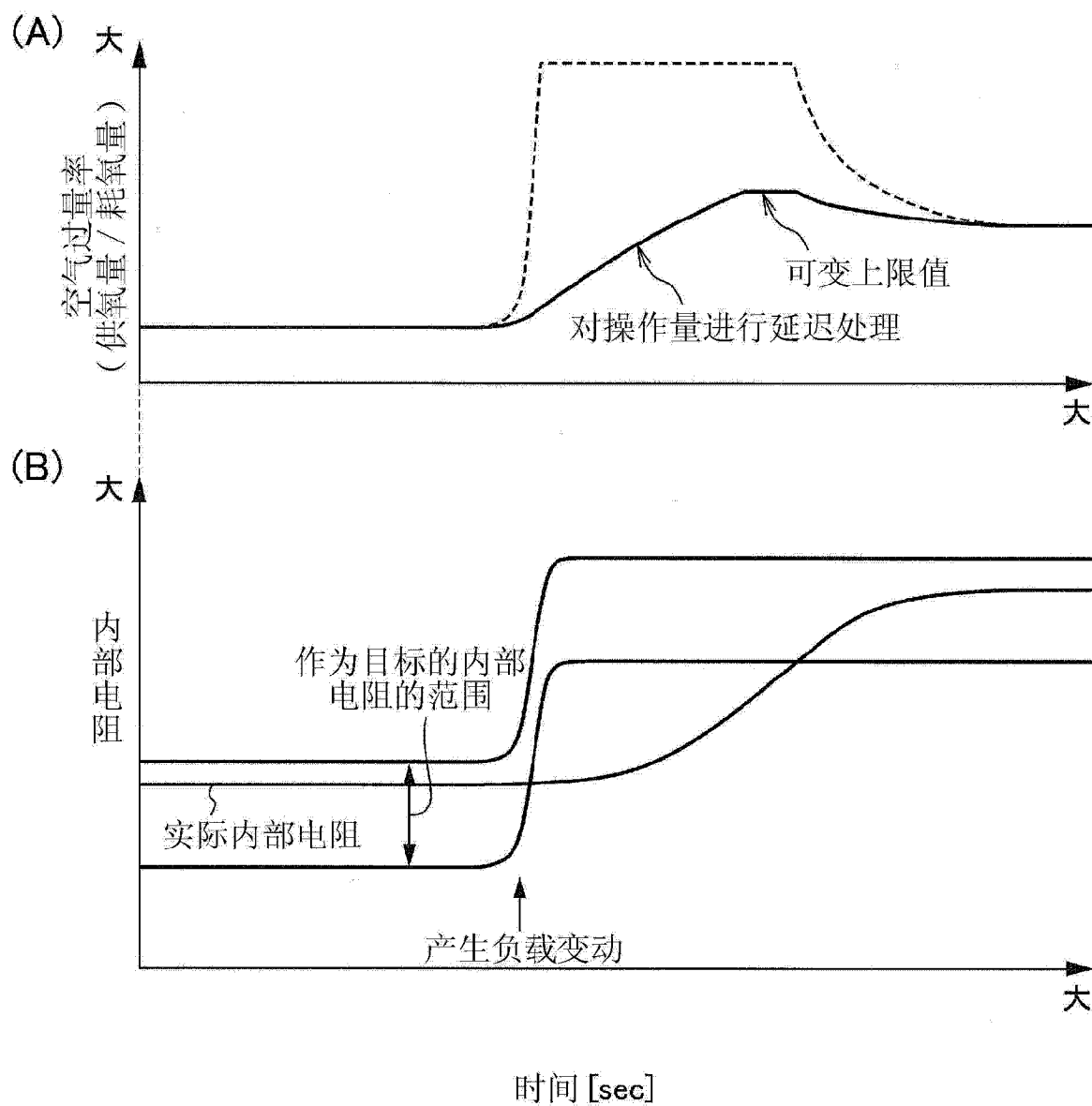


图 14

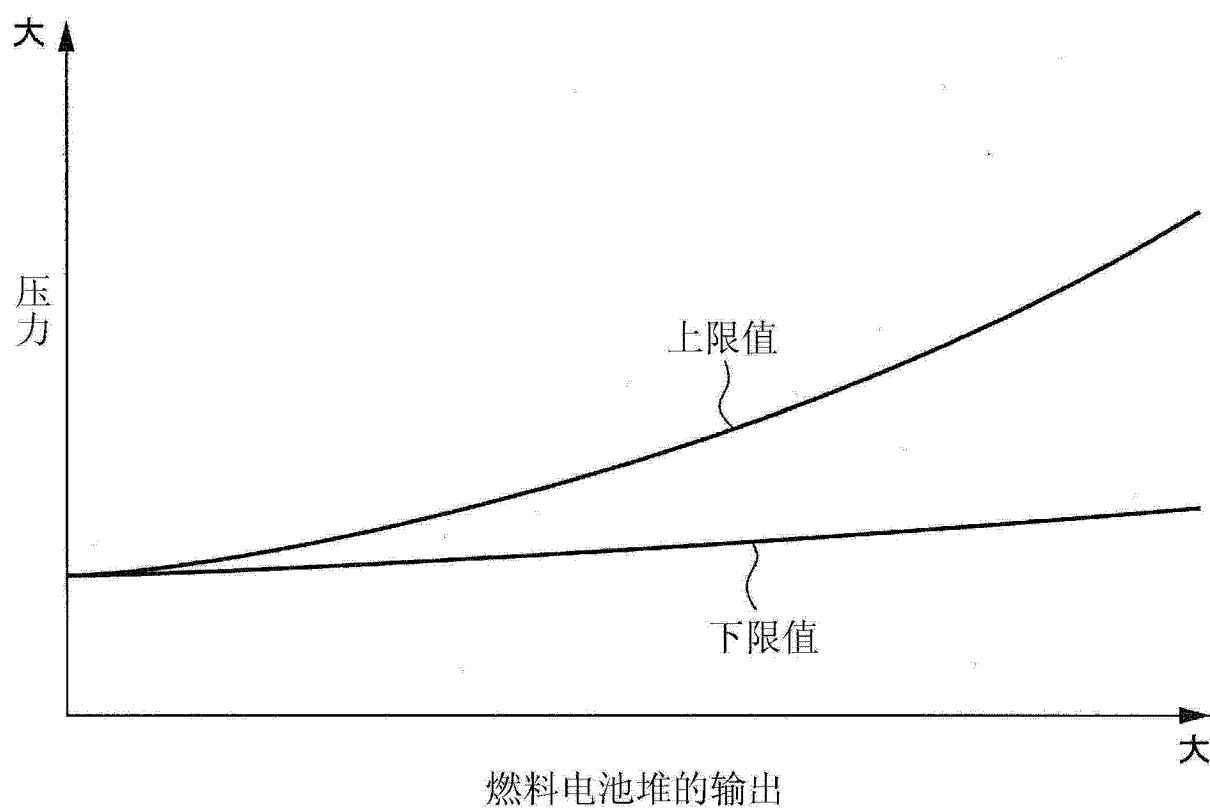


图 15

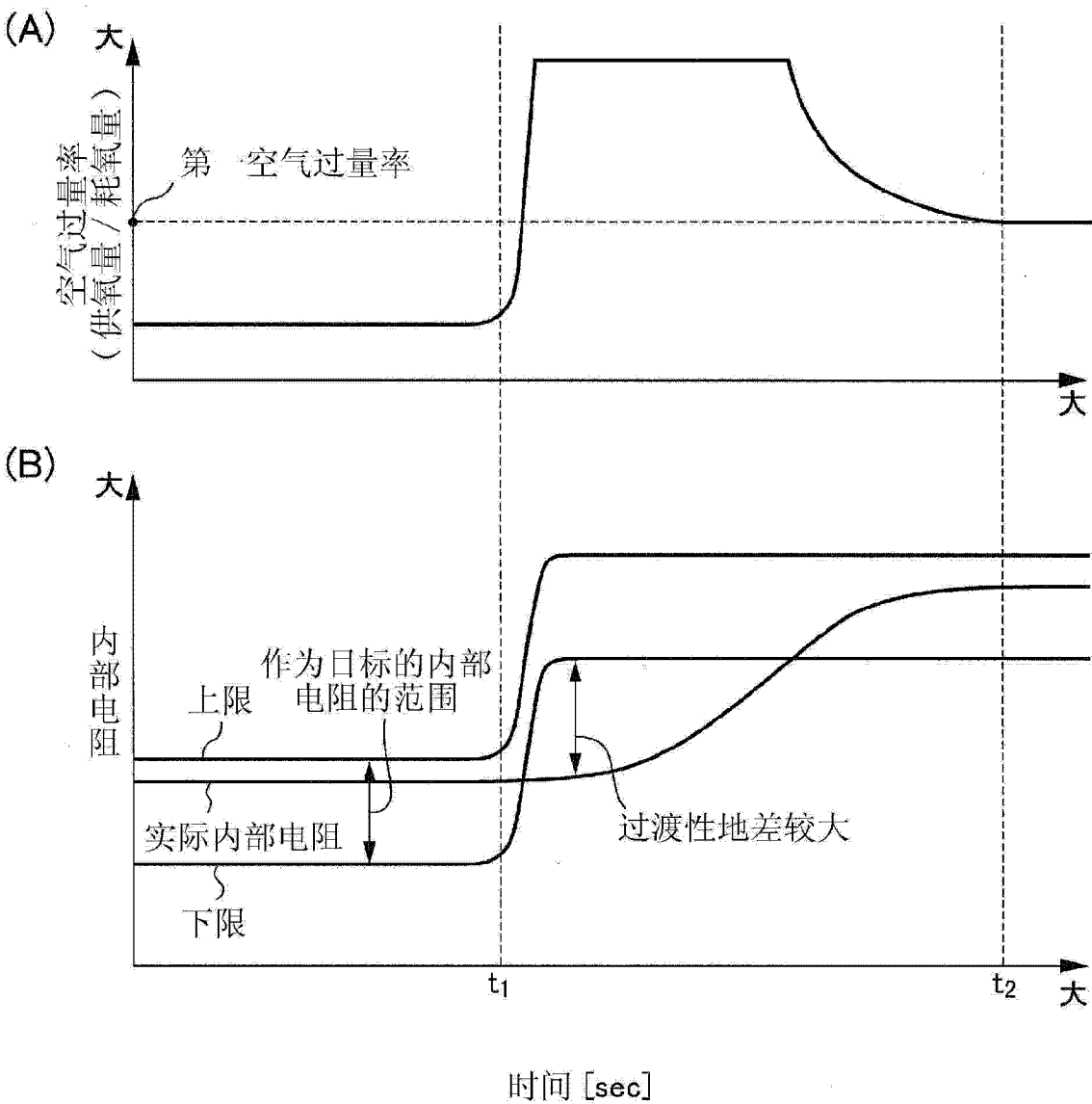


图 16