



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117062942 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 14

(21) 申请号 202180095599.X

(22) 申请日 2021.12.22

(30) 优先权数据

2021-067897 2021.04.13 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.09.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/047525 2021.12.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/219850 JA 2022.10.20

(71) 申请人 引能仕株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 大云一郎 高见洋史 原田耕佑

(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

专利代理师 刘新宇 李靖

(51) Int.Cl.

G25B 15/023 (2006.01)

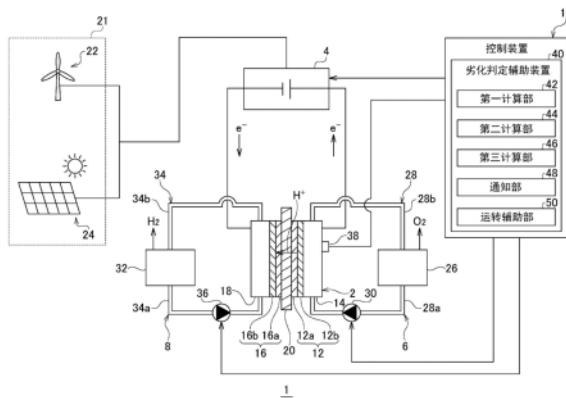
权利要求书1页 说明书13页 附图4页

## (54) 发明名称

劣化判定辅助装置、水电解装置以及劣化判定辅助方法

## (57) 摘要

劣化判定辅助装置(40)具备:第一计算部(42),其获取包含在第一期间和第一期间之后的第二期间测量出的或者根据所测量出的值导出的、与水电解模块(2)的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组;第二计算部(44),其将规定的反应条件值代入到编入了参数组的计算式,来计算各期间的比较对象值;以及第三计算部(46),其基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算水电解模块(2)的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。



1. 一种劣化判定辅助装置,具备:

第一计算部,其获取包含在第一期间和所述第一期间之后的第二期间测量出的或者根据所测量出的值导出的、与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用所述数据集和规定的计算式来计算各期间的所述计算式的参数组;

第二计算部,其将规定的反应条件值代入到编入了所述参数组的所述计算式,来计算各期间的比较对象值;以及

第三计算部,其基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算所述水电解模块的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了所述第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了所述第二期间的参数组的计算式计算出的值。

2. 根据权利要求1所述的劣化判定辅助装置,其中,

所述水电解模块具有氧产生用电极、氢产生用电极以及将所述氧产生用电极与所述氢产生用电极隔开的隔膜,

所述计算式是将所述水电解反应的平衡电位、氧产生反应的活化过电压以及所述隔膜的电阻过电压相加来计算电压的式子。

3. 根据权利要求2所述的劣化判定辅助装置,其中,

所述比较对象值是所述电压、所述活化过电压以及所述电阻过电压中的任一者或两者以上的组合。

4. 一种劣化判定辅助装置,具备:

第一计算部,其获取包含在第一期间和所述第一期间之后的第二期间测量出的或者根据测量出的值导出的、与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用所述数据集和规定的计算式来计算各期间的所述计算式的参数组;以及

第四计算部,其基于构成所述第一期间的参数组的系数中的至少一者与所述第二期间的该系数的差异来计算所述水电解模块的劣化度。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的劣化判定辅助装置,其中,

所述第一期间是被估计为所述水电解模块未劣化的期间。

6. 一种水电解装置,具备:

水电解模块;以及

根据权利要求1至5中的任一项所述的劣化判定辅助装置。

7. 一种劣化判定辅助方法,包括以下步骤:

在第一期间和所述第一期间之后的第二期间获取包含与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集;

使用所述数据集和规定的计算式来计算各期间的所述计算式的参数组;

将规定的反应条件值代入到编入了所述参数组的所述计算式来计算各期间的比较对象值;以及

基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算所述水电解模块的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了所述第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了所述第二期间的参数组的计算式计算出的值。

## 劣化判定辅助装置、水电解装置以及劣化判定辅助方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种劣化判定辅助装置、水电解装置以及劣化判定辅助方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,作为与通过火力发电所得到的能量相比能够抑制生成过程中的二氧化碳排放量的能源,通过风力、太阳能等所得到的可再生能源受到了关注。由可再生能源生成的电力通过固定用储能系统进行储存,由此能够实现输出电力的平滑化。近年来,作为固定用储能系统,正在普及进行水的电解来制造氢气的水电解模块。作为水电解模块,例如专利文献1所公开的那样,已知有固体高分子型水电解模块、碱型水电解模块、固体氧化物型水电解模块等。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2018-165392号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 一般来说,作为水电解装置的构成要素的水电解模块受到运转时间、温度、启动停止次数等的影响而劣化加剧,氢制造效率处于逐渐下降的趋势。为了作为储能系统发挥稳定的功能,期望掌握水电解模块的劣化状态。另一方面,为了掌握水电解模块的劣化状态而将水电解模块的通常运转切换为劣化判定用的运转可能会导致氢气的制造效率的下降。因此,寻求在保持继续水电解模块的通常的运转状态的情况下掌握劣化状态。然而,在通常运转期间,反应条件可能时刻进行变化,因此难以进行水电解模块的劣化判定。

[0008] 本发明是鉴于这样的状况而完成的,其目的之一在于提供一种辅助通常运转期间的水电解模块的劣化判定的技术。

[0009] 用于解决问题的方案

[0010] 本发明的某个方式是劣化判定辅助装置。该装置具备:第一计算部,其获取包含在第一期间和第一期间之后的第二期间测量出的或者根据所测量出的值导出的、与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组;第二计算部,其将规定的反应条件值代入到编入了参数组的计算式,来计算各期间的比较对象值;以及第三计算部,其基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算水电解模块的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。

[0011] 本发明的另一方式是劣化判定辅助装置。该装置具备:第一计算部,其获取包含在第一期间和第一期间之后的第二期间测量出的或者根据测量出的值导出的、与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用数据集和规定的计算式来计算

各期间的计算式的参数组;以及第四计算部,其基于构成第一期间的参数组的系数中的至少一者与第二期间的该系数的差异来计算水电解模块的劣化度。

[0012] 本发明的另一方式是水电解装置。该系统具备水电解模块以及上述任一方式的劣化判定辅助装置。

[0013] 本发明的另一方式是劣化判定辅助方法。该方法包括以下步骤:在第一期间和第一期间之后的第二期间获取包含与水电解模块的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集;使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组;将规定的反应条件值代入到编入了参数组的计算式来计算各期间的比较对象值;以及基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算水电解模块的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。

[0014] 上面的构成要素的任意的组合、将本公开的表现方法、装置、系统等之间变换后的方式作为本公开的方式也还是有效的。

[0015] 发明的效果

[0016] 根据本发明,能够辅助通常运转期间的水电解模块的劣化判定。

## 附图说明

[0017] 图1是实施方式所涉及的水电解装置的示意图。

[0018] 图2是示出水电解模块的电流-电压特性的图。

[0019] 图3是一例所涉及的劣化判定辅助方法的流程图。

[0020] 图4的(A)是示出实施例中所进行的水电解运转试验中的时间与电流之间的关系图。图4的(B)是示出实施例中的校正后的参数组、各种电压以及劣化度的图。

## 具体实施方式

[0021] 下面,基于优选的实施方式,参照附图来对本发明进行说明。实施方式是例示性的而不是限定本发明的技术范围,实施方式所记述的全部特征或特征的组合未必是本质的特征。因而,实施方式的内容能够在不脱离权利要求书所规定的发明的思想的范围内进行构成要素的变更、追加、删除等很多的设计变更。被施加设计变更所得到的新的实施方式兼具被组合的实施方式和变形各自的效果。在实施方式中,关于能够进行这样的设计变更的内容,标注“本实施方式的”、“在本实施方式中”等表述来进行强调,但是即使是没有这种表述的内容也容许进行设计变更。上面的构成要素的任意的组合作为本发明的方式也是有效的。针对各附图中示出的相同或同等的构成要素、构件、处理标注相同的附图标记,并适当省略重复的说明。另外,各图所示的各部的比例尺、形状是为了易于说明而适当设定的,只要没有特别提及,则不是限定性的解释。另外,在本说明书或权利要求中使用“第一”、“第二”等用语的情况下,该用语并非表示任何的顺序、重要度的用语,而是用于将某结构与其它结构进行区分的用语。另外,在各附图中,省略显示在对实施方式的说明上不重要的构件的一部分。

[0022] 图1是实施方式所涉及的水电解装置的示意图。水电解装置1具备水电解模块2、电源4、第一供给机构6、第二供给机构8以及控制装置10。在本公开中,水电解模块2能够由单

个电池、多个电池、将多个电池连接得到的电堆 (stack)、多个电堆、或者它们的组合构成。

[0023] 水电解模块2是通过水的电解来产生氢的电解槽。本实施方式的水电解模块2是利用固体离子交换膜的固体高分子膜型水电解装置。水电解模块2具有氧产生用电极12、氧产生极室14、氢产生用电极16、氢产生极室18以及隔膜20。

[0024] 氧产生用电极12是引起氧化反应的极,被定义为阳极(anode)。氧产生用电极12具有催化剂层12a和气体扩散层12b。催化剂层12a例如含有铱(Ir)、铂(Pt)作为催化剂。此外,催化剂层12a也可以含有其它金属、金属化合物。催化剂层12a被配置为与隔膜20的一个主表面接触。气体扩散层12b由导电性的多孔质体等构成。构成气体扩散层12b的材料能够使用公知的材料。氧产生用电极12被收容于氧产生极室14。氧产生极室14中的除氧产生用电极12以外的空间构成水和氧的流路。

[0025] 氢产生用电极16是引起还原反应的极,被定义为阴极(cathode)。氢产生用电极16具有催化剂层16a和气体扩散层16b。催化剂层16a例如含有铂作为催化剂。此外,催化剂层16a也可以含有其它金属、金属化合物。催化剂层16a被配置为与隔膜20的另一个主表面接触。气体扩散层16b由导电性的多孔质体等构成。构成气体扩散层16b的材料能够使用公知的材料。氢产生用电极16被收容于氢产生极室18。氢产生极室18中的除氢产生用电极16以外的空间构成水和氢的流路。

[0026] 氧产生用电极12和氢产生用电极16被隔膜20隔开。隔膜20配置于氧产生用电极12与氢产生用电极16之间。本实施方式的隔膜20由作为固体高分子膜的一种的质子交换膜(PEM)构成。PEM只要是传导质子(H<sup>+</sup>)的材料即可,没有特别限定,例如可举出具有磺酸基的氟系离子交换膜。

[0027] 水电解模块2中的水电解时的反应如下。

[0028] 电解时的阳极反应: $2\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{O}_2+4\text{H}^++4\text{e}^-$

[0029] 电解时的阴极反应: $4\text{H}^++4\text{e}^-\rightarrow 2\text{H}_2$

[0030] 在氧产生用电极12处,水被电解,产生氧气、质子以及电子。质子在隔膜20中移动而去向氢产生用电极16。电子流入电源4的正极。氧气经由氧产生极室14而被排出到外部。在氢产生用电极16处,通过从电源4的负极供给的电子与在隔膜20中移动的质子之间的反应来生成氢气。氢气经由氢产生极室18而被排出到外部。

[0031] 电源4是向水电解模块2供给电力的直流电源。当从电源4向水电解模块2供给电力时,向水电解模块2的氧产生用电极12与氢产生用电极16之间施加规定的电解电压,使电解电流流动。电源4从电力供给装置21接受电力供给,来向水电解模块2供给电力。本实施方式的电力供给装置21由利用可再生能源进行发电的发电装置、例如风力发电装置22、太阳能发电装置24等构成。此外,电力供给装置21不限于利用可再生能源的发电装置,也可以是系统电源,还可以是储存来自可再生能源发电装置、系统电源的电力的蓄电装置等。另外,也可以是这两者以上的组合。

[0032] 第一供给机构6向氧产生极室14供给水。第一供给机构6具有第一循环罐26、第一循环路径28以及第一循环装置30。在第一循环罐26中收容有被供给到氧产生极室14再从氧产生极室14回收的水。例如在第一循环罐26中收容有纯水。

[0033] 第一循环罐26与氧产生极室14通过第一循环路径28连接。第一循环路径28具有用于将水从第一循环罐26供给到氧产生极室14的往路径部28a以及用于将水从氧产生极室14

回收第一循环罐26的复路径部28b。第一循环装置30例如设置于往路径部28a的中途。通过第一循环装置30的驱动,水在第一循环路径28内流动并在第一循环罐26与氧产生极室14之间循环。作为第一循环装置30,例如能够使用齿轮泵、缸泵等各种泵、或者自然流下式装置等。

[0034] 第一循环罐26也作为气液分离部发挥功能。在氧产生用电极12处,通过电极反应而生成氧,因此在从氧产生极室14回收的水中包含气体状氧和溶解氧。气体状氧在第一循环罐26中与水分离后被取出到系统外。分离了氧后的水再次被供给到水电解模块2。此外,也可以与第一循环罐26分开地设置气液分离部。

[0035] 第二供给机构8向氢产生极室18供水。第二供给机构8具有第二循环罐32、第二循环路径34以及第二循环装置36。在第二循环罐32中收容有被供给到氢产生极室18再从氢产生极室18回收的水。例如,在第二循环罐32中收容有纯水。

[0036] 第二循环罐32与氢产生极室18通过第二循环路径34连接。第二循环路径34具有用于将水从第二循环罐32供给到氢产生极室18的往路径部34a以及用于将水从氢产生极室18回收第二循环罐32的复路径部34b。第二循环装置36例如设置于往路径部34a的中途。通过第二循环装置36的驱动,水在第二循环路径34内流动并在第二循环罐32与氢产生极室18之间循环。作为第二循环装置36,例如能够使用齿轮泵、缸泵等各种泵、或者自然流下式装置等。

[0037] 第二循环罐32也作为气液分离部发挥功能。在氢产生用电极16处,通过电极反应而生成氢,因此在从氢产生极室18回收的水中包含气体状氢和溶解氢。气体状氢在第二循环罐32中与水分离后被取出到系统外。分离了氢后的水再次被供给到水电解模块2。此外,也可以与第二循环罐32分开地设置气液分离部。

[0038] 水电解装置1的结构不限于上述的结构。例如,水电解模块2也可以是阴离子交换膜(AEM)型、碱型、固体氧化物型等。另外,在水电解模块2为PEM型的情况下,也能够省略第二供给机构8。在该情况下,氢产生极室18与用于将氢气取出到系统外的配管连接。另外,也可以是使水不从氧产生极室14返回到第一循环罐26而是从氧产生极室14输送到系统外的结构。另外,水电解模块2也可以具备多个电池或多个电堆。在该情况下,作为一例,使各电池或各电堆的朝向一致以使氧产生极室14与氢产生极室18的排列相同,各电池或各电堆以将通电板夹在相邻的电池或电堆之间的方式进行层叠。由此,各电池或各电堆电串联连接。通电板由金属等导电性材料构成。

[0039] 控制装置10控制水电解装置1的运转。控制装置10作为硬件结构而通过以计算机的CPU、存储器为代表的元件、电路实现,作为软件结构而通过计算机程序等实现,但是在图1中,绘制为通过它们的协作而实现的功能块。本领域技术人员当然理解,该功能块能够通过硬件和软件的组合以各种形式实现。

[0040] 从设置于水电解装置1的传感器38向控制装置10输入与水电解模块2的水电解反应有关的各种反应条件的值。传感器38以规定的定时重复测量各种反应条件的值,并将测量结果发送到控制装置10。控制装置10或后述的劣化判定辅助装置40将获取到的测量结果保持于存储器。另外,根据需要,控制装置10或劣化判定辅助装置40根据传感器38所测量出的值导出反应条件值。在与水电解反应有关的反应条件中包含电压、电流、水温、氧气的压力、氢气的压力等。下面,在本公开中,将它们中的除电压以外的值称为“反应条件值”。另

外,将反应条件值与电压合并称为“数据集”。

[0041] 例如,传感器38具有公知的电压计,用于测量氧产生用电极12和氢产生用电极16的电位、或者水电解模块2的电压(所谓的电堆电压或电池电压)并发送到控制装置10。各电极的电位、水电解模块2的电压能够通过公知的方法进行检测。例如,在传感器38探测各电极的电位的情况下,在隔膜20设置参照极。参照极被保持为参照电极电位。例如,参照极是可逆氢电极(RHE)。而且,电压计的一个端子连接于参照极且电压计的另一个端子连接于作为探测对象的电极,来探测电极相对于参照极的电位。另外,在传感器38探测水电解模块2的电压的情况下,电压计的一个端子连接于氧产生用电极12且电压计的另一个端子连接于氢产生用电极16,来探测两个电极的电位差、即电压。在传感器38探测电压的情况下,能够省略参照极。

[0042] 另外,传感器38具有公知的电流计,用于测量在氧产生用电极12与氢产生用电极16之间流动的电流并将测量值发送到控制装置10。另外,传感器38具有公知的温度计,用于测量流过水电解模块2的水的温度并将测量值发送到控制装置10。流过水电解模块2的水的温度例如也可以用第一循环罐26内等的第一供给机构6中的水的温度进行假设,也可以用第二循环罐32内等的第二供给机构8中的水的温度进行假设,还可以用它们的平均值等进行假设。

[0043] 另外,传感器38具有公知的压力计,用于测量由水电解模块2产生的氧气和氢气的压力并将测量值发送到控制装置10。由水电解模块2产生的氧气的压力例如是氧产生极室14中的氧气的压力。另外,由水电解模块2产生的氢气的压力例如是氢产生极室18中的氢气的压力。

[0044] 控制装置10基于传感器38的测量结果来控制电源4的输出、第一供给机构6和第二供给机构8的驱动等。另外,控制装置10具有劣化判定辅助装置40。关于劣化判定辅助装置40,也与控制装置10同样地,作为硬件结构而通过以计算机的CPU、存储器为代表的元件、电路实现,作为软件结构而通过计算机程序等实现,但是在图1中,绘制为通过它们的协作而实现的功能块。此外,水电解装置1也可以与控制装置10独立地具备劣化判定辅助装置40。具体地说,劣化判定辅助装置40也可以外置安装于水电解装置1。另外,劣化判定辅助装置40也可以通过电气通信线路以有线、无线、或者它们的组合的方式与水电解装置1连接。

[0045] 劣化判定辅助装置40使用传感器38等获取包含与水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用这些数据集和规定的计算式来获得参数组。将规定的反应条件值代入到编入了该参数组的计算式,来获得比较对象值。基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异,来计算水电解模块2的劣化度,该第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,该第二比较对象值是根据编入了第一期间之后的第二期间的参数组的计算式计算出的值。计算出的劣化度能够用作判断水电解模块2的劣化状态的指标。规定的反应条件值能够基于实验、模拟等来适当设定。劣化判定辅助装置40具备第一计算部42、第二计算部44、第三计算部46、通知部48以及运转辅助部50。

[0046] 第一计算部42获取包含传感器38测量出的或者根据所测量出的值导出的多个反应条件值及电压的数据集。然后,使用数据集和规定的计算式来计算参数组。

[0047] 首先,作为规定的计算式,预先定义电压计算式。所定义的计算式被存储于劣化判定辅助装置40。此外,也可以是,存储于劣化判定辅助装置40的计算式能够从外部进行改

写。另外,劣化判定辅助装置40也可以定义电压计算式。

[0048] 图2是示出水电解模块2的电流-电压特性的图。此外,在图2中,近似地示出了电流-电压特性。如图2所示,水电解模块2的电压V(电解电压)能够定义为对水电解反应的平衡电位u加上氧产生反应的活化过电压 $\eta_{act}$ (所谓的氧过电压)和隔膜20的电阻过电压 $\eta_{IR}$ 所得到的值。此外,电压V也可以是电池电压、多个电池电压的合计值、多个电池电压的平均值、电堆电压、多个电堆电压的合计值、或者多个电堆电压的平均值。

[0049] 因而,电压计算式能够如(1)式那样表示。下面,将通过电压计算式计算的电压称为计算电压 $V_{sim}$ 。

$$[0050] \quad (1) \quad V_{sim} = u + \eta_{act} + \eta_{IR}$$

[0051] 在(1)式中,仅考虑了阳极反应。另外,忽略了除隔膜20以外引起的电阻损失、浓度过电压。此外,也可以向电压计算式追加氢产生反应的活化过电压项 $\eta_{act-H_2}$ 、浓度过电压项 $\eta_{conc}$ 、温度校正项(循环时的水温与电极反应时的水温之差)等。

[0052] 作为一例,能够根据(2)式、即能斯特方程(nemst equation)来计算水电解反应的平衡电位u。

[0053] [数1]

$$[0054] \quad (2) \quad u = 1.23 - a(T - 298.15) + \frac{RT}{2F} \ln \frac{P_{H_2} P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}}$$

[0055] 在(2)式中,“1.23”为标准状态(在本公开中设为1个大气压、25℃)下的平衡电位(理论电解电位)。a为常数,例如为0.009。T为流过水电解模块2的水的绝对温度。“298.15”为标准状态下的水的绝对温度。R为气体常数。F为法拉第常数。P<sub>H<sub>2</sub></sub>为从水电解模块2产生的氢气的压力。P<sub>O<sub>2</sub></sub>为从水电解模块2产生的氧气的压力。P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>为水电解模块2中的水的饱和蒸气压。即,根据水的绝对温度T、氢气的压力P<sub>H<sub>2</sub></sub>、氧气的压力P<sub>O<sub>2</sub></sub>以及水的饱和蒸气压P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>的函数来计算平衡电位u。

[0056] T、P<sub>H<sub>2</sub></sub>以及P<sub>O<sub>2</sub></sub>相当于由传感器38测量的反应条件值。P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>相当于根据这些反应条件值导出的反应条件值。此外,平衡电位u也可以使用其它测定值的函数来计算。另外,平衡电位u也可以通过忽略了压力项的(3)式来计算,还可以如(4)式所示那样为常数。

$$[0057] \quad (3) \quad u = 1.23 - a(T - 298.15)$$

$$[0058] \quad (4) \quad u = 1.23$$

[0059] 作为一例,能够根据(5)式计算氧产生反应的活化过电压 $\eta_{act}$ 。

$$[0060] \quad (5) \quad \eta_{act} = f(T, i)$$

[0061] 在(5)式中,T为流过水电解模块2的水的绝对温度。i为流过水电解模块2的电流密度。即,活化过电压 $\eta_{act}$ 是根据水的绝对温度T和电流密度i的函数f计算的估计值。根据由传感器38测量的电流值通过计算来导出电流密度i。此外,活化过电压 $\eta_{act}$ 也可以使用其它测定值的函数来计算,还可以为常数。

[0062] 作为用于计算活化过电压 $\eta_{act}$ 的函数f的一例,可举出基于巴特勒-福尔默方程(Butler-Volmer equation)的函数。即,能够根据(6)式来计算活化过电压 $\eta_{act}$ 。

[0063] [数2]

$$[0064] \quad (6) \quad \eta_{act} = \frac{RT}{2\alpha F} \operatorname{arsinh} \frac{i}{2i_0 \exp\left\{-\frac{E_{exc}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298.15}\right)\right\}}$$

[0065] 在(6)式中,R为气体常数。T为流过水电解模块2的水的绝对温度。 $\alpha$ 为电荷转移系数。F为法拉第常数。 $\text{arsinh}$ 为反双曲函数。 $i$ 为电流密度。 $i_0$ 为交换电流密度。 $E_{\text{exc}}$ 为电子转移的活化能。 $\alpha$ 、 $i_0$ 以及 $E_{\text{exc}}$ 为系数,能够成为后述的参数组的构成要素。另外,能够通过后述的基于最小二乘法的曲线拟合法等方法进行校正。此外,也可以将文献值代入到 $\alpha$ 、 $i_0$ 以及 $E_{\text{exc}}$ 。

[0066] 另外,作为用于计算活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 的函数f的另一例,可举出基于塔菲尔方程(Tafel equation)的函数。即,能够根据(7)式来计算活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 。

[0067] [数3]

$$[0068] \quad (7) \quad \eta_{\text{act}} = \frac{RT}{2\alpha F} \ln \frac{i}{i_0}$$

[0069] 在(7)式中,R为气体常数。T为流过水电解模块2的水的绝对温度。 $\alpha$ 为电荷转移系数。F为法拉第常数。 $i$ 为电流密度。 $i_0$ 为交换电流密度。

[0070] 作为一例,能够根据(8)式来计算电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 。

$$[0071] \quad (8) \quad \eta_{\text{IR}} = r(T) i$$

[0072] 在(8)式中,r为隔膜20的电阻值,T为流过水电解模块2的水的绝对温度, $i$ 为流过水电解模块2的电流密度。即,电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 是基于作为水的绝对温度T的函数的电阻值r和电流密度*i*计算的估计值。此外,在定义电阻值r的函数时,也可以使用其它测定值,还可以使用常数。

[0073] 作为计算电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 的(8)式的具体例,可举出(9)式。

[0074] [数4]

$$[0075] \quad (9) \quad \eta_{\text{IR}} = \frac{\delta i}{\sigma \exp \left\{ -\frac{E_{\text{pro}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298.15} \right) \right\}}$$

[0076] 在(9)式中, $\delta$ 为隔膜20的膜厚。 $\sigma$ 为隔膜20的质子传导率。 $i$ 为电流密度。 $E_{\text{pro}}$ 为质子转移活化能。R为气体常数。T为流过水电解模块2的水的绝对温度。 $\sigma$ 和 $E_{\text{pro}}$ 为系数,能够成为后述的参数组的构成要素。另外,能够通过基于后述的最小二乘法的曲线拟合法等方法进行校正。此外,也可以将文献值代入到 $\sigma$ 和 $E_{\text{pro}}$ 。

[0077] (9)式中的右边的分母表示对膜电阻作出贡献的质子传导率。在(9)式中,使用阿伦尼乌斯方程(Arrhenius equation)来表示该部分,但是作为其它例子,也能够通过(10)式来表示。

[0078] [数5]

$$[0079] \quad (10) \quad (a\lambda - b) \exp \left\{ c \left( \frac{1}{303} - \frac{1}{T} \right) \right\}$$

[0080] 在(10)式中,a、b以及c是根据隔膜20的材质等确定的特有的系数。在隔膜20的材质不明确的情况等无法确定a、b以及c的值时,这些系数能够成为后述的参数组的构成要素。另外, $\lambda$ 为隔膜20的含水率。 $\lambda$ 为系数,能够成为后述的参数组的构成要素。a、b、c以及 $\lambda$ 能够通过后述的基于最小二乘法的曲线拟合法等方法进行校正。此外,也可以将文献值代入到a、b、c以及 $\lambda$ 。

[0081] 另外,将电阻值r设为不依赖于温度的常数,电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 也能够如(11)式那样表示。

[0082] (11)  $\eta_{IR} = r \times i$

[0083] 在(11)式中,  $i$ 为电流密度。 $r$ 为隔膜20的电阻值且为常数。电阻值 $r$ 通过实际测量等来确定。

[0084] 第一计算部42根据传感器38的输出值,针对各期间获取多个数据集。该数据集包含代入到计算式的各种反应条件值以及由传感器38测量的测量电压 $V_{obs}$ 作为构成要素。在本实施方式中,使用上述的电压计算式,因此作为反应条件值,可举出电流、水温、氢产生压力以及氧产生压力等。第一计算部42将该多个数据集中的反应条件值代入到电压计算式来算出计算电压 $V_{sim}$ ,并且以使计算电压 $V_{sim}$ 接近测量电压 $V_{obs}$ 的方式校正参数组。

[0085] 在本实施方式中,第一期间是被估计为水电解模块2未劣化的期间。由此,能够更高精度地判定水电解模块2的寿命。例如,能够将水电解模块2刚开始使用后的规定期间估计为水电解模块2未劣化的期间。水电解模块2未劣化的期间能够基于实验、模拟等来适当设定。第二期间是想要测定水电解模块2的劣化状态的期间。

[0086] 各计算式的系数有时会随着水电解模块2的劣化而变化。也就是说,计算式的系数是水电解模块2的各结构的物性值,因此适当值能够根据水电解模块2的状态而变化。第一计算部42针对各期间校正各计算式中包含的系数以使计算电压 $V_{sim}$ 接近测量电压 $V_{obs}$ 。该校正只要针对至少一个系数进行即可。具体地说,关于活化过电压 $\eta_{act}$ 这一项,例如在使用(6)式的情况下,也可以对 $\alpha$ 、 $i_0$ 以及 $E_{exc}$ 中的任一者进行校正,并将文献值代入到剩余的系数。另外,关于电阻过电压 $\eta_{IR}$ 这一项,例如在使用(9)式的情况下,也可以对 $\sigma$ 和 $E_{pro}$ 中的任一者进行校正,并将文献值代入到剩余的系数。在第一期间中计算系数时,也可以将文献值用作系数的初始值。

[0087] 例如,在各期间获取到的数据集中,包含在多个时刻的反应条件值及在该时刻的测量电压 $V_{obs}$ 的组合。第一计算部42使用该多个反应条件值及测量电压 $V_{obs}$ 的组合来校正电压计算式的系数。系数的校正能够通过例如基于最小二乘法的曲线拟合(curve fitting)等公知的校正方法来进行。由此,第一计算部42针对各期间计算将校正后的系数包含于构成要素的参数组。在仅校正了一部分系数的情况下,在参数组中也包含设为文献值等的系数。

[0088] 第二计算部44将规定的反应条件值分别代入到编入了各期间的参数组的两个计算式,来计算各期间的比较对象值。规定的反应条件值不是包含于数据集的值,而是能够基于实验、模拟等来适当设定的值。作为比较对象值,例如可举出计算电压 $V_{sim}$ 、活化过电压 $\eta_{act}$ 、电阻过电压 $\eta_{IR}$ 等。

[0089] 第三计算部46基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。该劣化度相当于将第一期间的水电解模块2的劣化状态作为基准时的第二期间的水电解模块2的劣化状态的发展状况。此外,作为其它实施方式,也可以不使用比较对象值,而是由第四计算部(未图示)直接将构成各期间的参数组的系数中的至少一个系数彼此进行比较,来计算劣化度。

[0090] 在将计算电压 $V_{sim}$ 用作比较对象值的情况下,根据编入了第一期间的参数组的计算式来算出计算电压 $V_{sim1}$ 。另外,根据编入了第二期间的参数组的计算式来算出计算电压 $V_{sim2}$ 。然后,基于两个计算电压 $V_{sim}$ 的差异来计算第一劣化度 $d1$ 。

[0091] 具体地说,第二计算部44将规定的反应条件值代入到编入了第一期间的参数组的电压计算式,来算出计算电压 $V_{sim}1$ 。另外,将相同的反应条件值代入到编入了第二期间的参数组的电压计算式,来算出计算电压 $V_{sim}2$ 。然后,第三计算部46例如使用(12)式来计算第一劣化度d1。

$$[0092] \quad (12) \quad d1 = (V_{sim}2 - V_{sim}1) / V_{sim}1$$

[0093] 另外,本实施方式的第二计算部44使用各期间的参数组,来计算第一期间的活化过电压 $\eta_{act}1$ 和第二期间的活化过电压 $\eta_{act}2$ 。然后,第三计算部46基于两个活化过电压 $\eta_{act}$ 的差异来计算水电解模块2的第二劣化度d2。

[0094] 具体地说,第二计算部44将规定的反应条件值代入到编入了第一期间的参数组的电压计算式中的活化过电压 $\eta_{act}$ 这一项,来计算活化过电压 $\eta_{act}1$ 。另外,将相同的反应条件值代入到编入了第二期间的参数组的电压计算式中的活化过电压 $\eta_{act}$ 这一项,来计算活化过电压 $\eta_{act}2$ 。然后,第三计算部46例如使用(13)式来计算第二劣化度d2。

$$[0095] \quad (13) \quad d2 = (\eta_{act}2 - \eta_{act}1) / \eta_{act}1$$

[0096] 通过像这样计算第二劣化度d2,能够判定氧产生用电极12的催化剂层12a的劣化状态。因此,能够更详细地估计水电解模块2的劣化状态。

[0097] 另外,本实施方式的第二计算部44使用各期间的参数组来计算第一期间的电阻过电压 $\eta_{IR}1$ 和第二期间的电阻过电压 $\eta_{IR}2$ 。然后,第三计算部46基于两个电阻过电压 $\eta_{IR}$ 的差异来计算水电解模块2的第三劣化度d3。

[0098] 具体地说,第二计算部44将规定的反应条件值代入到编入了第一期间的参数组的电压计算式中的电阻过电压 $\eta_{IR}$ 这一项,来计算电阻过电压 $\eta_{IR}1$ 。另外,将相同的反应条件值代入到编入了第二期间的参数组的电压计算式中的电阻过电压 $\eta_{IR}$ 这一项,来计算电阻过电压 $\eta_{IR}2$ 。然后,第三计算部46例如使用(14)式来计算第三劣化度d3。

$$[0099] \quad (14) \quad d3 = (\eta_{IR}2 - \eta_{IR}1) / \eta_{IR}1$$

[0100] 通过像这样计算第三劣化度d3,能够判定隔膜20的劣化状态。因此,能够更详细地估计水电解模块2的劣化状态。

[0101] 第三计算部46能够通过基于第一劣化度d1、第二劣化度d2以及第三劣化度d3的各个劣化度、基于两个以上的劣化度的组合、或者基于这两者来定量地判定水电解模块2的劣化的发展程度。例如,针对第一劣化度d1~第三劣化度d3的各个劣化度,预先设定作为水电解模块2的更换基准的劣化度的阈值 $d1_0 \sim d3_0$ ,并将阈值 $d1_0 \sim d3_0$ 存储于劣化判定辅助装置40。阈值 $d1_0 \sim d3_0$ 能够基于实验、模拟等来适当设定。然后,第三计算部46例如能够使用(15)式来计算水电解模块2的剩余寿命 $t_d$ 、换言之水电解模块2的更换时期。

[0102] [数6]

$$[0103] \quad (15) \quad t_d = \min \left( \frac{d1_0 - d1}{d1}, \frac{d2_0 - d2}{d2}, \frac{d3_0 - d3}{d3} \right)$$

[0104] 在(15)式中, $t1$ 为第一期间的中央的时刻。 $t2$ 为第二期间的中央的时刻。

[0105] 在第一劣化度d1~第三劣化度d3中的至少一个劣化度超过了阈值时,通知部48向使用者通知到达了水电解模块2的更换时期。通知方法没有特别限定,能够采用发出通知音、点亮通知灯等公知的方法。此外,也可以是,在第一劣化度d1~第三劣化度d3中的两个以上的劣化度超过了阈值时、或者全部劣化度超过了阈值时,通知部48向使用者进行通知。

另外,在水电解装置1具备多个水电解模块2的情况下,针对各水电解模块2计算第一劣化度 $d_1$ ~第三劣化度 $d_3$ ,由此能够独立地判断各水电解模块2的更换时期。也能够省略通知部48。

[0106] 运转辅助部50将第二劣化度 $d_2$ 相对于阈值 $d_{2_0}$ 的比例( $d_2/d_{2_0}$ )与第三劣化度 $d_3$ 相对于阈值 $d_{3_0}$ 的比例( $d_3/d_{3_0}$ )进行比较。例如,在 $d_2/d_{2_0} > d_3/d_{3_0}$ 的情况下,以避免引起氧产生用电极12的催化剂层12a的劣化的运转的方式向控制装置10指示运转条件。另一方面,在 $d_3/d_{3_0} > d_2/d_{2_0}$ 的情况下,以避免引起隔膜20的劣化的运转的方式向控制装置10指示运转条件。也可以对第三劣化度 $d_3$ 相对于阈值 $d_{3_0}$ 的比例( $d_3/d_{3_0}$ )加上常数 $C$ 而设为 $d_3/d_{3_0} + C$ 。由此,能够实现水电解模块2的长寿命化。用于抑制催化剂层12a、隔膜20的劣化的运转方法能够基于实验、模拟等来适当设定。此外,也能够省略运转辅助部50。

[0107] 图3是一例所涉及的劣化判定辅助方法的流程图。在本方法中,首先,判断是否已经定义了规定的计算式(S101)。在没有定义计算式(S101的“否”),定义规定的计算式(S102)。是否已经定义了计算式的判断以及计算式的定义既可以由劣化判定辅助装置40的使用者进行,也可以由劣化判定辅助装置40进行。

[0108] 接着,获取第一期间的数据集(S103)。数据集由传感器38来提供。在定义了计算式(S101的“是”),跳过计算式的定义处理,获取第一期间的数据集。接下来,使用所定义的计算式和所获取到的数据集来计算第一期间的参数组(S104)。第一期间的参数组由劣化判定辅助装置40来提供。到达了第一期间的情况、换言之第一期间的参数组的计算定时既可以通过使用者等的来自外部的指示来提供,也可以通过在劣化判定辅助装置40中预先设定的程序来提供。

[0109] 接下来,判断是否到达了期望测定水电解模块2的劣化状态的第二期间(S105)。在未到达第二期间的情况下(S105的“否”),重复进行是否到达了第二期间的判断处理(S105)。在到达了第二期间的情况下(S105的“是”),获取第二期间的数据集(S106)。数据集由传感器38和劣化判定辅助装置40来提供。接下来,使用所定义的计算式和所获取到的数据集来计算第二期间的参数组(S107)。第二期间的参数组由劣化判定辅助装置40来提供。到达了第二期间的情况、换言之第二期间的参数组的计算定时既可以通过使用者等的来自外部的指示来提供,也可以通过在劣化判定辅助装置40中预先设定的程序来提供。

[0110] 接下来,使用编入了第一期间的参数组的计算式和编入了第二期间的参数组的计算式来计算第一比较对象值和第二比较对象值(S108)。然后,基于第一比较对象值和第二比较对象值的差异,来计算水电解模块2的劣化度(S109)。劣化度由劣化判定辅助装置40来提供。所计算出的劣化度被通知给使用者。由此,使用者能够掌握水电解模块2的更换时期。另外,执行与劣化度相应的水电解模块2的运转控制。

[0111] 接下来,判断是否更换了水电解模块2(S110)。在更换了水电解模块2的情况下(S110的“是”),结束本流程。然后,针对更换后的水电解模块2重新执行劣化判定辅助方法的流程。在新流程中,沿用在之前流程中定义的计算式(S101的“是”)。此外,也可以当每次执行流程时重新定义计算式,还可以在任意的定时重新定义。在没有更换水电解模块2的情况下(S110的“否”),重复从是否到达了第二期间的判断处理(S105)到劣化度的计算处理(S109)。此外,水电解模块2的更换由使用者来进行。是否更换的判断由劣化判定辅助装置40来进行。

[0112] 如上面所说明的那样,本实施方式所涉及的水电解装置1具备水电解模块2和劣化判定辅助装置40。劣化判定辅助装置40具备第一计算部42、第二计算部44以及第三计算部46。

[0113] 根据本实施方式,通过迅速地更换劣化加剧了的水电解模块2、或者根据劣化的程度来控制运转状态,从而能够使水电解模块的氢制造效率稳定化,从而实现作为储能系统的功能的稳定化。能够基于与劣化一起上升的电解电压来掌握水电解模块2的劣化。因此,在以往的劣化判定方法中,将水电解模块2的反应条件(温度、电流)固定为特定的条件,来根据此时的电压判定劣化。然而,将水电解模块2的反应条件固定来测定电压的操作与水电解模块2的通常运转时的操作不同,因此可能会妨碍水电解模块2的氢制造。因而,期望一种在不妨碍水电解模块2的通常运转的情况下判定水电解模块2的劣化的方法。

[0114] 与此相对,在本实施方式中,经时地获取水电解模块2的通常运转时的数据集。在该数据集中包含代入到计算式的反应条件值和用于系数的校正的测量电压 $V_{obs}$ 。接下来,以使将反应条件值代入到计算式所得到的计算电压 $V_{sim}$ 接近测量电压 $V_{obs}$ 的方式校正各计算式所包含的系数,从而得到各期间的参数组。接下来,使用第一期间的参数组和第二期间的参数组来计算第一比较对象值和第二比较对象值。然后,根据第一比较对象值与第二比较对象值的差异,来计算水电解模块2的劣化度。

[0115] 通过上述的方法计算出的比较对象值包含与该期间的水电解模块2的劣化状态有关的信息。另外,该比较对象值不依赖于水电解模块2的运转条件。因而,能够在无需进行用于劣化判定的特别的运转就维持水电解模块2的通常运转的状态下,更高精度地估计水电解模块2的劣化状态。因此,根据本实施方式所涉及的劣化判定辅助装置40、劣化判定辅助方法,能够辅助通常运转期间的水电解模块2的劣化判定。另外,由于能够更准确地掌握水电解模块2的更换时期,因此,能够抑制不必要的更换所花费的工夫、成本的增加。

[0116] 另外,本实施方式的水电解模块2具有氧产生用电极12、氢产生用电极16以及将这些电极隔开的隔膜20。另外,参数组的计算所使用的计算式是将水电解反应的平衡电位 $u$ 、氧产生反应的活化过电压 $\eta_{act}$ 以及隔膜20的电阻过电压 $\eta_{IR}$ 相加来算出计算电压 $V_{sim}$ 的式子。

[0117] 实施方式也可以通过下面记载的项目来确定。

[0118] [项目1]

[0119] 一种劣化判定辅助装置(40),具备:

[0120] 第一计算部(42),其获取包含在第一期间和第一期间之后的第二期间测量出的或者根据所测量出的值导出的、与水电解模块(2)的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集,使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组;

[0121] 第二计算部(44),其将规定的反应条件值代入到编入了参数组的计算式,来计算各期间的比较对象值;以及

[0122] 第三计算部(46),其基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算水电解模块(2)的劣化度,所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值,所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。

[0123] [项目2]

[0124] 根据项目1所记载的劣化判定辅助装置(40),其中,

[0125] 水电解模块(2)具有氧产生用电极(12)、氢产生用电极(16)以及将氧产生用电极

(12) 与氢产生用电极 (16) 隔开的隔膜 (20) ,

[0126] 计算式是将水电解反应的平衡电位 ( $u$ )、氧产生反应的活化过电压 ( $\eta_{act}$ ) 以及隔膜 (20) 的电阻过电压 ( $\eta_{IR}$ ) 相加来计算电压 ( $V_{sim}$ ) 的式子。

[0127] [项目3]

[0128] 根据项目2所记载的劣化判定辅助装置 (40) , 其中,

[0129] 比较对象值是电压 ( $V_{sim}$ )、活化过电压 ( $\eta_{act}$ ) 以及电阻过电压 ( $\eta_{IR}$ ) 中的任一者或者两者以上的组合。

[0130] [项目4]

[0131] 一种劣化判定辅助装置 (40) , 具备:

[0132] 第一计算部 (42) , 其获取包含在第一期间和第一期间之后的第二期间测量出的或者根据测量出的值导出的、与水电解模块 (2) 的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集, 使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组; 以及

[0133] 第四计算部, 其基于构成第一期间的参数组的系数中的至少一者与第二期间的该系数的差异来计算水电解模块 (2) 的劣化度。

[0134] [项目5]

[0135] 根据项目1至4中的任一项目的劣化判定辅助装置 (40) , 其中,

[0136] 第一期间是被估计为水电解模块 (2) 未劣化的期间。

[0137] [项目6]

[0138] 一种水电解装置 (1) , 具备:

[0139] 水电解模块 (2) ; 以及

[0140] 根据项目1至5中的任一项目的劣化判定辅助装置 (40) 。

[0141] [项目7]

[0142] 一种劣化判定辅助方法, 包括以下步骤:

[0143] 在第一期间和第一期间之后的第二期间获取包含与水电解模块 (2) 的水电解反应有关的多个反应条件值及电压的数据集;

[0144] 使用数据集和规定的计算式来计算各期间的计算式的参数组;

[0145] 将规定的反应条件值代入到编入了参数组的计算式来计算各期间的比较对象值; 以及

[0146] 基于第一比较对象值与第二比较对象值的差异来计算水电解模块 (2) 的劣化度, 所述第一比较对象值是根据编入了第一期间的参数组的计算式计算出的值, 所述第二比较对象值是根据编入了第二期间的参数组的计算式计算出的值。

[0147] [项目8]

[0148] 一种可再生能源变动吸收系统, 具备项目6的水电解装置 (1) 。

[0149] [项目9]

[0150] 一种水电解模块 (2) 的维护系统, 具备:

[0151] 第三计算部 (46) , 其根据水电解模块 (2) 的劣化度来计算水电解模块 (2) 的更换时期; 以及

[0152] 通知部 (48) , 其用于通知水电解模块 (2) 的更换时期。

[0153] [项目10]

[0154] 一种水电解模块(2)的运转辅助系统,具备:

[0155] 第三计算部(46),其计算水电解模块(2)的劣化度;以及

[0156] 运转辅助部(50),其基于所计算出的劣化度来指示水电解模块(2)的运转条件。

[0157] 实施例

[0158] 下面对本发明的实施例进行说明,但是实施例只不过是用于较佳地对本发明进行说明的例示,不对本发明进行任何限定。

[0159] 使用 $3\text{Nm}^3/\text{h}$ 的PEM型水电解模块实施了三天的水电解运转试验。图4的(A)是示出实施例中所进行的水电解运转试验中的时间与电流之间的关系图。如图4的(A)所示,在水电解运转试验期间,电流设为恒定。另外,将水电解运转试验开始后的40分钟设定为第一期间(k1),将结束前的40分钟设定为第二期间(k2)。使用在第一期间和第二期间分别获取到的数据集、电压计算式以及基于最小二乘法的曲线拟合法来计算出各期间的参数组。

[0160] 在电压计算式中,活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 这一项使用了(6)式。与活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 有关的系数中的要校正的系数设为交换电流密度 $i_0$ 。电荷转移系数 $\alpha$ 和电子转移的活化能 $E_{\text{exc}}$ 代入了文献值。为 $\alpha=0.7$ 、 $E_{\text{exc}}=53,000\text{J/mol}$ 。另外,电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 这一项使用了(9)式。与电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 有关的系数中的要校正的系数设为质子传导率 $\sigma$ 。质子转移活化能 $E_{\text{pro}}$ 代入了文献值。为 $E_{\text{pro}}=10,000\text{J/mol}$ 。

[0161] 将规定的反应条件值的代入到编入了所生成的各期间的参数组的电压计算式,来计算出各期间的电压 $V_{\text{sim}}$ (V1\_ST,sim)、活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ (V2\_ST,sim)以及电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ (V3\_ST,sim)。将电流1200A、水温 $30^\circ\text{C}$ 、氢产生压力0.6MPaG以及氧产生压力0.595MPaG代入到规定的反应条件值。基于所得到的计算电压 $V_{\text{sim}}$ 、活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 以及电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ ,来计算出第一劣化度d1、第二劣化度d2以及第三劣化度d3。将结果示出在图4的(B)中。

[0162] 图4的(B)是示出实施例中的校正后的参数组、各种电压以及劣化度的图。如图4的(B)所示,活化过电压 $\eta_{\text{act}}$ 的上升量约为10mV( $V2\_ST,\text{sim}(k2) - V2\_ST,\text{sim}(k1)$ )。另外,电阻过电压 $\eta_{\text{IR}}$ 的上升量约为35mV( $V3\_ST,\text{sim}(k2) - V3\_ST,\text{sim}(k1)$ )。另外,第二劣化度d2为0.038,第三劣化度d3为0.055。根据该结果能够掌握,通过水电解运转试验,与氧产生用电极12的催化剂层12a的劣化相比,隔膜20的劣化进一步发展。根据上面示出了,能够利用本公开所涉及的劣化判定辅助装置40和劣化判定辅助方法来将水电解模块2的劣化状态定量化,因此能够辅助劣化判定。

[0163] 产业上的可利用性

[0164] 本发明能够用于劣化判定辅助装置、水电解装置以及劣化判定辅助方法。

[0165] 附图标记说明

[0166] 1:水电解装置;2:水电解模块;12:氧产生用电极;16:氢产生用电极;20:隔膜;38:传感器;40:劣化判定辅助装置;42:第一计算部;44:第二计算部;46:第三计算部。

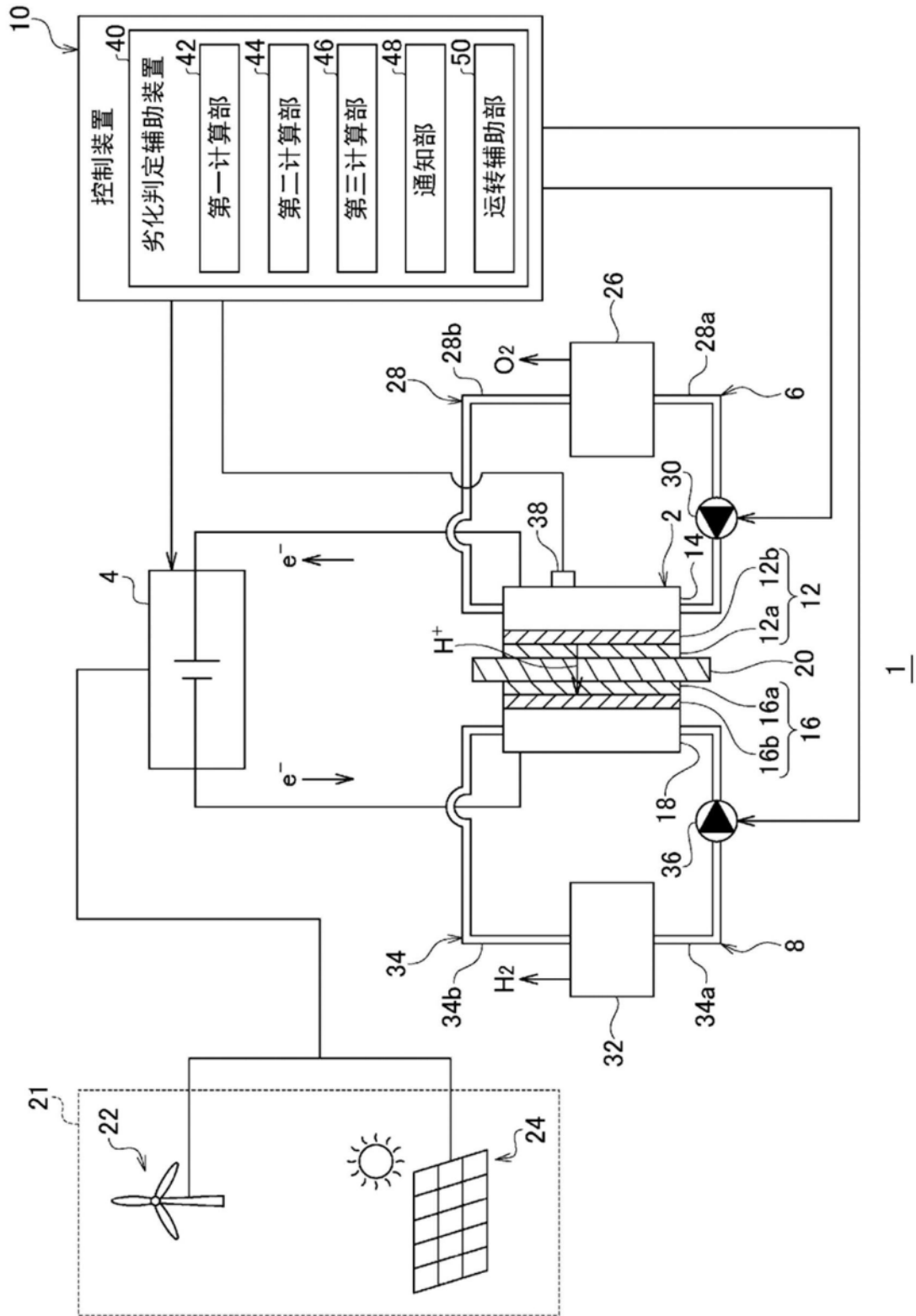


图1

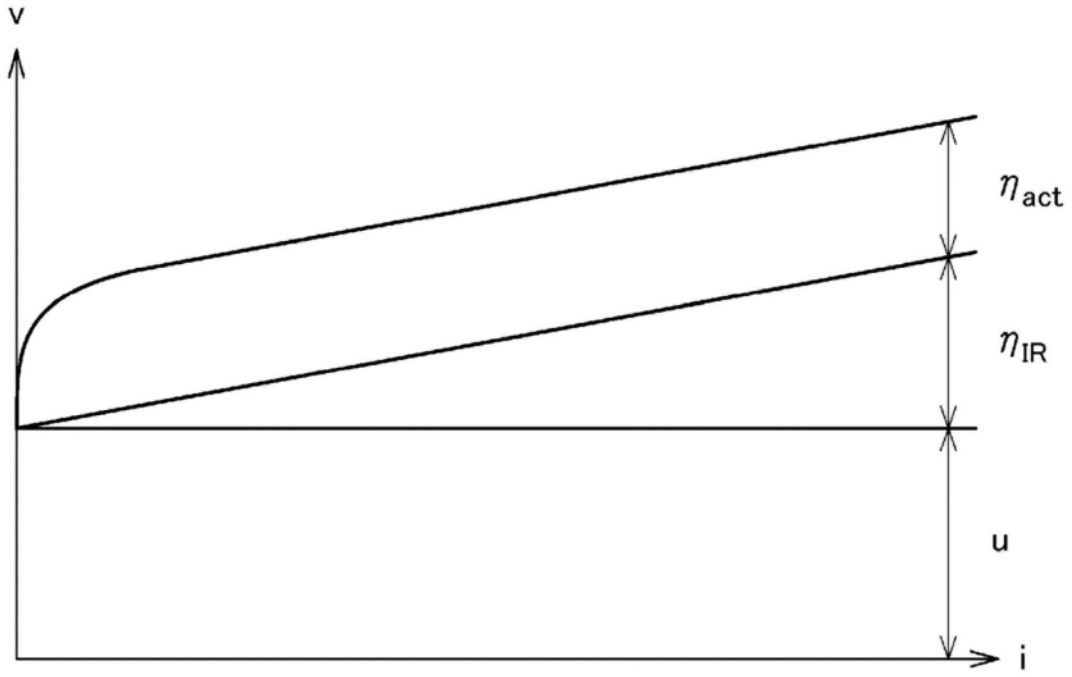


图2

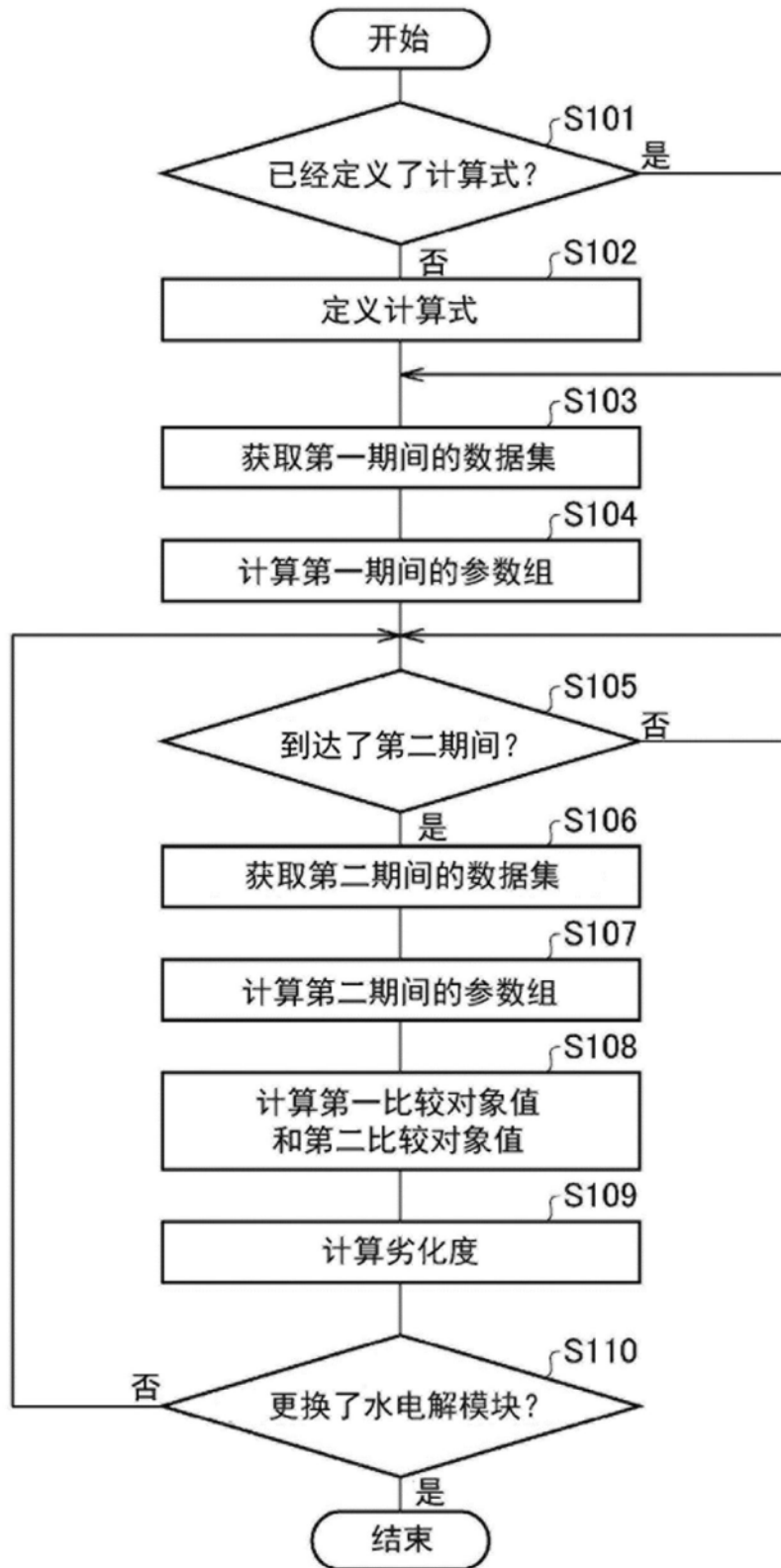
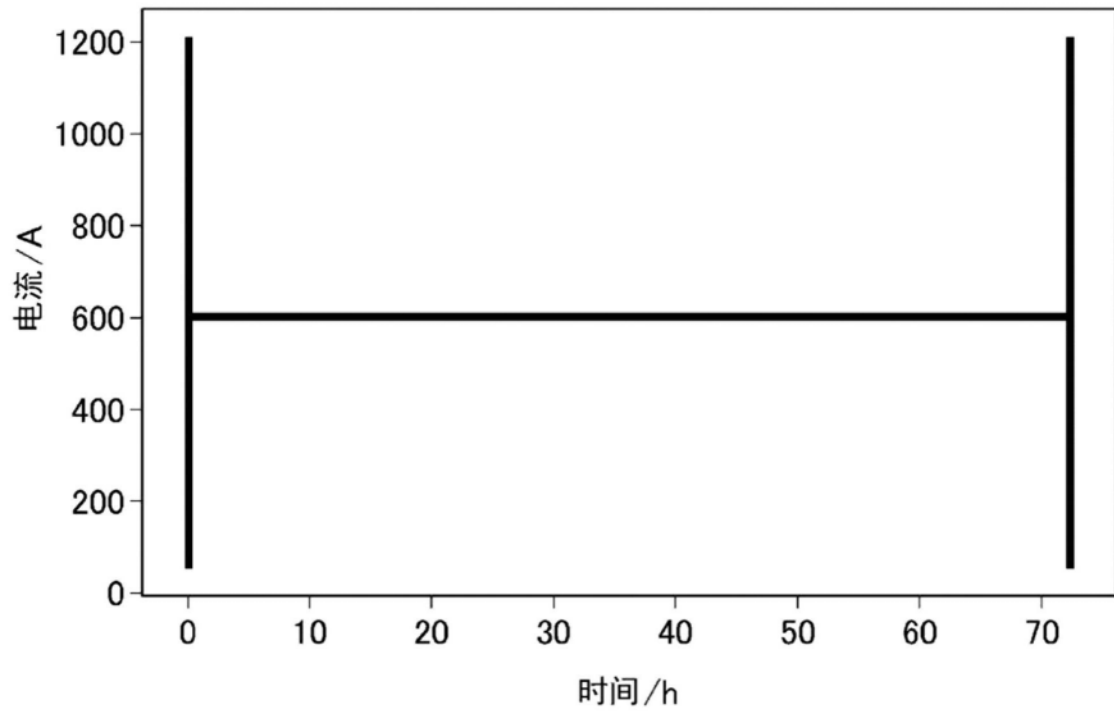


图3

(A)



(B)

| 期间 | $i_0$     | $\sigma$ | V1_ST,sim | V2_ST,sim | V3_ST,sim | d1    | d2    | d3    |
|----|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| k1 | 5.171e-07 | 0.05789  | 2.227     | 0.276     | 0.6464    | —     | —     | —     |
| k2 | 3.081e-07 | 0.05486  | 2.272     | 0.2856    | 0.6821    | 0.020 | 0.038 | 0.055 |

图4