



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106879259 B

(45)授权公告日 2020.06.26

(21)申请号 201580040767.X

(72)发明人 坂本佳直美 猿田浩树 松隈正树

(22)申请日 2015.07.28

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106879259 A

代理人 张雨

(43)申请公布日 2017.06.20

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据
2014-156756 2014.07.31 JP

H02J 3/28(2006.01)

F03D 9/17(2016.01)

H02J 15/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.01.26

(56)对比文件

US 4229661 A,1980.10.21,第2栏16行到第3列62行及图1.

EP 1536541 A1,2005.06.01,说明书

[0020]-[0035段,及图2].

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/071374 2015.07.28

审查员 张宁

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/017639 JA 2016.02.04

(73)专利权人 株式会社神户制钢所
地址 日本兵库县神户市

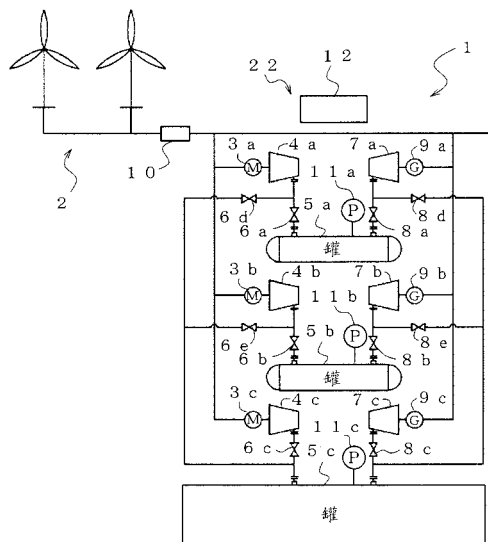
权利要求书2页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

压缩空气储藏发电装置及压缩空气储藏发电方法

(57)摘要

压缩空气储藏发电装置(1)具备马达(3a~3c)、压缩机(4a~4c)、压缩空气储藏用的罐(5a~5c)、注入侧阀(6a~6e)、膨胀机(7a~7c)、排出侧阀(8a~8e)、发电机(9a~9c)、输出传感器(10)、压力传感器(11a~11c)及控制装置(12)。控制装置(12)对于在使用自然能量发电产生的电力中的长周期的变动电力使用相对大容量的罐(5c)、对于短周期的变动电力使用相对小容量的罐(5a、5b),由此进行将长周期及短周期的变动电力两者平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。压缩空气储藏发电装置(1)将长周期和短周期的变动电力两者平准化而输出与电力需求对应的电力。



1. 一种压缩空气储藏发电装置,其特征在于,具备:
多个马达,被使用自然能量发电产生的电力驱动,相互电气地并联连接;
多个压缩机,与前述马达机械地连接,将空气压缩;
至少两个容量不同的罐,将由前述压缩机压缩的空气储藏;
多个膨胀机,被从前述罐供给的压缩空气驱动;
多个发电机,与前述膨胀机机械地连接,相互电气地并联连接;
注入侧阀,切换从前述压缩机向哪个前述罐供给压缩空气;
排出侧阀,切换从前述罐向哪个前述膨胀机供给压缩空气;
控制机构,通过将前述注入侧阀及前述排出侧阀开闭,对于在借助前述自然能量的发电电力中的长周期的变动电力使用相对大容量的前述罐,对于短周期的变动电力使用相对小容量的前述罐,由此,进行将长周期及短周期的变动电力两者平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。
2. 如权利要求1所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
至少两个容量不同的前述罐中的相对小容量的前述罐是能够持续不足1小时发电的容量,至少两个容量不同的前述罐中的相对大容量的前述罐是能够持续1小时以上发电的容量。
3. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
前述控制机构相对于前述长周期的变动电力基于长周期需求曲线、以及相对于前述短周期的变动电力基于短周期基准曲线,进行将长周期及短周期的各变动电力分别平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。
4. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
与相对小容量的前述罐连接的前述压缩机及前述膨胀机都是螺旋式。
5. 如权利要求4所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
与相对大容量的前述罐连接的前述压缩机及前述膨胀机也都是螺旋式。
6. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
与相对大容量的前述罐连接的前述压缩机及前述膨胀机的至少1个是涡轮式,与相对小容量的前述罐连接的前述压缩机及前述膨胀机都是螺旋式。
7. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
对于前述短周期的变动电力,至少使用小型的前述压缩机及前述膨胀机,对于前述长周期的变动电力,至少使用大型的前述压缩机及前述膨胀机。
8. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
在前述罐的入口设有入口侧热交换器,设有蓄热部,所述入口侧热交换器将被前述压缩机压缩而温度上升的空气与热媒热交换,所述蓄热部将由该入口侧热交换器热交换后的热媒储存,在前述罐的出口设有出口侧热交换器,所述出口侧热交换器将从前述罐吐出的空气与从前述蓄热部吐出的热媒热交换而加热。
9. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,
在前述发电机的输出部上设有除了前述发电机之外另外的外部发电机,在使用自然能量发电产生的电力过度不稳定的情况或过小的情况下发电。
10. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,

使用矿山的坑道或地下空洞作为相对大容量的前述罐。

11. 如权利要求1或2所述的压缩空气储藏发电装置,其特征在于,前述控制机构包括:

前述注入侧阀,切换从前述压缩机向哪个前述罐供给压缩空气;

前述排出侧阀,切换从前述罐向哪个前述膨胀机供给压缩空气;

输出传感器,测量前述自然能量的发电输出;

压力传感器,测量前述罐内的压力;

控制装置;

前述控制装置基于前述输出传感器及前述压力传感器的测量值,将前述注入侧阀及前述排出侧阀开闭。

12. 一种压缩空气储藏发电方法,是压缩空气储藏发电装置的压缩空气储藏发电方法,所述压缩空气储藏发电装置具备:多个马达,被使用自然能量发电产生的电力驱动,相互电气地并联连接;多个压缩机,与前述马达机械地连接,将空气压缩;至少两个容量不同的罐,将由前述压缩机压缩的空气储藏;多个膨胀机,被从前述罐供给的压缩空气驱动;多个发电机,与前述膨胀机机械地连接,相互电气地并联连接;注入侧阀,切换从前述压缩机向哪个前述罐供给压缩空气;排出侧阀,切换从前述罐向哪个前述膨胀机供给压缩空气;其特征在于,

通过将前述注入侧阀及前述排出侧阀开闭,对于在借助前述自然能量的发电电力中的长周期的变动电力使用相对大容量的前述罐,对于短周期的变动电力使用相对小容量的前述罐,进行将长周期及短周期的变动电力两者平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。

压缩空气储藏发电装置及压缩空气储藏发电方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压缩空气储藏发电装置及压缩空气储藏发电方法。

背景技术

[0002] 风力发电或太阳光发电等利用自然能量的发电由于依存于气象条件,所以有输出不稳定的情况。因此,需要使用CAES(compressed air energy storage)系统等能量储藏系统将输出平准化。

[0003] 以往的压缩空气储藏(CAES:compressed air energy storage)发电装置通常是以下这样的装置:在电力设施的非高峰时间中将电能作为压缩空气储藏,在高电力需求时间中用压缩空气驱动膨胀机,使发电机动作来生成电能。

[0004] 作为这样的利用自然能量的CAES发电装置,例如在专利文献1及专利文献2中被公开。

[0005] 在专利文献1中,公开了一种利用风力的CAES发电装置。

[0006] 在专利文献2中,公开了一种利用太阳光的CAES发电装置。

[0007] 在利用自然能量的发电中,有长周期和短周期的输出变动。虽然没有区分长周期/短周期的明确的定义,但长周期是从几小时到几天左右的变动。另一方面,短周期是从几分钟到不足1小时左右的变动。例如,在利用太阳光的发电的情况下,长周期的输出变动主要原因是白天与夜间的差异。短周期的输出变动主要原因是太阳暂时被云遮住的情况。另一方面,在利用风力的发电的情况下,长周期的输出变动是因强风或无风造成的发电停止的情况,短周期的输出变动是因风速的变动带来的情况。

[0008] 包括在专利文献1及专利文献2中公开的技术的以往的利用自然能量的CAES发电装置具备大容量的压缩空气储藏用罐,当电力需求较小时储存压缩空气,当电力需求较大时用储存的压缩空气发电。但是,大容量的罐在起动时从压缩开始升压到适合于发电的压力需要长时间,所以不适合于短周期的输出变动的平准化。

[0009] 专利文献1:日本特表2005-530074号公报。

[0010] 专利文献2:日本特开平7-317649号公报。

发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种能够对应于长周期和短周期两者的变动电力的CAES发电装置。

[0012] 本发明的优选的技术方案,是一种压缩空气储藏发电装置,具备:多个马达,被使用自然能量发电产生的电力驱动,相互电气地并联连接;多个压缩机,与该马达机械地连接,将空气压缩;至少两个容量不同的罐,将由该压缩机压缩后的空气储藏;多个膨胀机,被从该罐供给的压缩空气驱动;多个发电机,与该膨胀机机械地连接,相互电气地并联连接;控制机构,对于在借助自然能量的发电电力中的长周期的变动电力使用相对大容量的罐,对于短周期的变动电力使用相对小容量的罐,由此,进行将长周期及短周期的变动电力两

者平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。

[0013] 该压缩空气储藏发电装置相对于长周期和短周期的各变动电力分别使用容量不同的罐。因此,能够将长周期和短周期的变动电力两者分别平准化,输出与电力需求对应的电力。特别是,相对于短周期的变动电力能够进行追随性良好的平准化。这里,所谓追随性良好,是指到成为目标输出的时间延迟较少。

[0014] 以下,依次说明本发明的其他优选的技术方案。优选的是,至少两个容量不同的罐中的相对小容量的罐是能够持续不足1小时发电的容量。此外,优选的是,相对大容量的罐是能够持续1小时以上发电的容量。

[0015] 借助该压缩空气储藏发电装置,由于分为大容量和小容量,所以各罐是适合于长周期对应和短周期对应的容量,由此不需要大到所需以上的罐,能够防止并不需要而罐为空的情况。此外,小容量罐上升到适合于发电的压力所花费的时间较短,容易总是维持为较高的压力,所以特别地向短周期变动的响应性较好。

[0016] 优选的是,控制机构相对于长周期的变动电力基于长周期需求曲线、以及相对于短周期的变动电力基于短周期基准曲线,进行将长周期及短周期的各变动电力分别平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。

[0017] 借助该压缩空气储藏发电装置,由于相对于长周期和短周期的变动电力两者分别设定平准化的目标曲线,所以能够将长周期和短周期的变动电力两者平准化,有效地进行与电力需求对应的控制。这与设置长周期用的大容量罐和短周期用的小容量罐相辅相成,能够进行更加有效的控制。

[0018] 进而,优选的是,与相对小容量的罐连接的压缩机及发电机都是螺旋式。此外,优选的是,与相对大容量的罐连接的压缩机及膨胀机也都是螺旋式。

[0019] 借助该压缩空气储藏发电装置,通过不采用涡轮式、而采用螺旋式的压缩机及发电机,能够进行转速控制。此外,与涡轮式相比,即使是小流量(低转速),效率也不下降,所以能够将控制范围扩展。

[0020] 进而,也可以是,与相对大容量的罐连接的压缩机及膨胀机的至少1个是涡轮式,与相对小容量的罐连接的压缩机及膨胀机都是螺旋式。

[0021] 借助该压缩空气储藏发电装置,能够对已设的CAES设备追加设置小容量的螺旋式的压缩机和膨胀机。已设的CAES设备通常是涡轮式,能够将该已设的设备原样利用。此外,即使是新设的情况,由于与大容量罐连接的压缩机及膨胀机以对应于长周期变动为主要目的,所以也能够用涡轮式对应。

[0022] 优选的是,对于短周期的变动电力,至少使用小型的压缩机及膨胀机,对于长周期的变动电力,至少使用大型的压缩机及膨胀机。

[0023] 借助该压缩空气储藏发电装置,由于小型的压缩机及发电机相对于输入的响应性更好,所以相对于短周期变动的追随性提高。相对于长周期变动,与短周期变动相比不要求高精度的追随性,所以能够利用与罐容量对应的大型的压缩机及发电机。此外,通常大型的压缩机/发电机效率更好,所以适合于向长周期变动的对应。

[0024] 优选的是,在罐的入口设有入口侧热交换器,设有蓄热部,所述入口侧热交换器将被压缩机压缩而温度上升的空气与热媒热交换,所述蓄热部将由该入口侧热交换器热交换后的热媒储存,在罐的出口设有出口侧热交换器,所述出口侧热交换器将从罐吐出的空气

与从蓄热部吐出的热媒热交换而加热。

[0025] 借助该压缩空气储藏发电装置,通过将由压缩机产生的热回收并送回至膨胀之前的空气,能够提高充放电效率。在通常的CAES系统中,由压缩机产生的热与压缩空气一起向罐内供给。并且,热从罐向大气释放,产生能量损失。为了防止该情况,在向罐供给压缩空气之前预先进行热回收,使罐的压缩空气的温度接近于大气温度。这样,能够防止因罐的热释放带来的能量损失。

[0026] 也可以是,在发电机的输出部上设有与该发电机另外的外部发电机,在使用自然能量发电产生的电力过度不稳定的情况或过小的情况下发电。

[0027] 借助该压缩空气储藏发电装置,由于具有其他的发电系统,所以在使用自然能量的发电装置的输出在故障或长期间停止等设想以外不稳定的情况下也能够切实地维持发电输出。

[0028] 也可以是,对于相对大容量的罐,使用矿山的坑道或地下空洞。

[0029] 只要是密闭性良好的坑道,就能够作为罐使用,设备成本被尽可能降低。通常,在CAES设备的制造时,成本的主要原因是大容量的罐的制造的情况较多。因而,替代大容量的罐,使用密闭性良好的坑道或地下空洞,由此能够大幅降低成本。并不限于大容量的罐,在作为小容量的罐而使用废弃矿山的坑道或地下空洞的情况下对于成本降低也同样是有效的。此外,能够将持续长年需要适当的维持管理的坑道(或废坑道)有效利用。

[0030] 也可以是,控制机构包括:注入侧阀,切换从压缩机向哪个罐供给压缩空气;排出侧阀,切换从罐向哪个膨胀机供给压缩空气;输出传感器,测量自然能量的发电输出;压力传感器,测量罐内的压力;控制装置;控制装置基于输出传感器及压力传感器的测量值,将注入侧阀及排出侧阀开闭。

[0031] 本发明的另一技术方案提供一种压缩空气储藏发电方法,是压缩空气储藏发电装置的压缩空气储藏发电方法,所述压缩空气储藏发电装置具备:多个马达,被使用自然能量发电产生的电力驱动,相互电气地并联连接;多个压缩机,与该马达机械地连接,将空气压缩;至少两个容量不同的罐,将由该压缩机压缩的空气储藏;多个膨胀机,被从该罐供给的压缩空气驱动;多个发电机,与该膨胀机机械地连接,相互电气地并联连接;相对于在借助自然能量的发电电力中的长周期的变动电力使用相对大容量的罐,相对于短周期的变动电力使用相对小容量的罐,进行将长周期及短周期的变动电力两者平准化而输出与电力需求对应的电力的控制。

[0032] 根据本发明,相对于长周期和短周期的各变动电力分别使用容量不同的罐,所以能够将长周期和短周期的变动电力两者有效地平准化,输出与电力需求对应的电力。

附图说明

[0033] 图1是第1实施方式的压缩空气储藏(CAES)发电装置的概略结构图。

[0034] 图2是图1的风力发电装置的1天的电力推移(由自然能量带来的变动输出)、以及相对于短周期和长周期的变动电力的各平准化目标曲线。

[0035] 图3是表示图1的压缩空气储藏(CAES)发电装置的相对于长周期变动的控制方法的流程图。

[0036] 图4A是表示图1的压缩空气储藏(CAES)发电装置的相对于短周期变动的控制方法

的流程图。

[0037] 图4B是表示图1的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的相对于短周期变动的控制方法的流程图。

[0038] 图5是表示第1实施方式的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的变形例的概略结构图。

[0039] 图6A是表示与图4A及图4B不同的情况下的图1的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的相对于短周期变动的控制方法的流程图。

[0040] 图6B是表示与图4A及图4B不同的情况下的图1的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的相对于短周期变动的控制方法的流程图。

[0041] 图7A是关于图6A的处理1的子流程图。

[0042] 图7B是关于图6A的处理2的子流程图。

[0043] 图7C是关于图6A的处理3的子流程图。

[0044] 图7D是关于图6A的处理4的子流程图。

[0045] 图8是第2实施方式的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的概略结构图。

[0046] 图9是第3实施方式的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的概略结构图。

[0047] 图10是第4实施方式的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的概略结构图。

[0048] 图11是第5实施方式的压缩空气储藏 (CAES) 发电装置的概略结构图。

具体实施方式

[0049] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0050] (第1实施方式)

[0051] 图1表示本发明的第1实施方式的压缩空气储藏 (CAES: compressed air energy storage) 发电装置1的概要块图。该CAES发电装置1用于使利用自然能量发电的情况下的输出变动平准化,并且进行与电力需求的变动匹配的输出。

[0052] 参照图1说明CAES发电装置1的结构。

[0053] CAES发电装置1将风力发电装置2(在该第1实施方式中是具备两台风车的发电设备)的输出变动平准化。CAES发电装置1具备马达3a~3c、压缩机4a~4c、压缩空气储藏用的罐5a~5c、注入侧阀6a~6e、膨胀机7a~7c、排出侧阀8a~8e、发电机9a~9c、输出传感器10、压力传感器11a~11c及控制装置12。控制机构22具备注入侧阀6a~6e、排出侧阀8a~8e、输出传感器10、压力传感器11a~11c及控制装置12。

[0054] 由风力发电装置2发电的电力向相互电气地并联连接的马达3a~3c供给。由该电力驱动马达3a~3c。马达3a~3c机械地分别连接在压缩机4a~4c上。压缩机4a~4c通过驱动马达3a~3c而分别动作。压缩机4a~4c将吸引的空气压缩,向罐5a~5c压送。由此,能够在罐5a~5c中作为压缩空气而储存能量。

[0055] 在本实施方式中,设有3座罐5a~5c。相对小容量的罐(小容量罐)5a、5b是两座,相对大容量的罐(大容量罐)5c是1座。小容量罐5a、5b是能够持续5分钟到20分钟左右(不足1小时)来将空气储藏或发电的容量。大容量罐5c是能够持续1~8小时左右(1小时以上)来将空气储藏或发电的容量。为了对应于使用风力或太阳光发电的变动电力,希望将小容量罐和大容量罐的阈值设定为1小时左右。在小容量罐5a、5b上,经由空气供给路分别连接着各1个马达3a、3b及压缩机4a、4b。在大容量罐5c上,经由空气供给路连接着全部的马达3a~3c

及压缩机4a~4c。在涉及本发明的CAES发电装置1中,只要设置至少两座容量不同的罐5a~5c就可以。因而,例如小容量罐5a、5b也可以是1座,或者也可以是3座以上。大容量罐5c也可以是两座以上。这样,关于小容量罐5a、5b及大容量罐5c的数量,只要设置至少各1台就可以,并不特别限定其数量,这在后述的第2至第5实施方式中也是同样的。此外,关于小容量罐和大容量罐的容量也并没有明确的区分,只要有相对大容量的罐和小容量的罐就可以。进而,小容量罐5a、5b不需要是同容量,在如后述那样优先地控制罐5a的情况下,也可以使罐5a比罐5b容量小。

[0056] 对于大容量罐5c,也可以使用岩盐层空洞、废弃矿山的坑道、下水配管/纵孔等的地下空洞、或沉入在水中的袋状的容器。只要是密闭性较好的坑道就能够作为罐5a~5c利用,设备成本极大地降低。通常,在CAES设备的制造时,成本增加的主要原因是大容量的罐5c的制造的情况较多。因而,作为代替大容量的罐5c的构造而使用密闭性较好的坑道,由此能够大幅地降低设备成本。并不限于大容量的罐5c,在作为小容量的罐5a、5b而利用废弃矿山的坑道的情况下对于成本降低也同样是有效的。此外,作为在适当的维持管理中有效利用持续多年需要维持费的坑道(或废坑道)的对策,也能够期待。

[0057] 在压缩机4a~4c与罐5a~5c之间的空气供给路中,设有注入侧阀6a~6e。借助该注入侧阀6a~6e,切换从各压缩机4a~4c向哪个罐5a~5c供给压缩空气。

[0058] 小容量罐5a、5b经由空气供给路分别连接在膨胀机7a、7b及发电机9a、9b上。大容量罐5c经由空气供给路连接在全部的膨胀机7a~7c及发电机9a~9c上。

[0059] 将储存在罐5a~5c中的压缩空气向膨胀机7a~7c供给。由该压缩空气驱动膨胀机7a~7c。在罐5a~5c与膨胀机7a~7c之间的空气供给路中设有排出侧阀8a~8e。由该排出侧阀8a~8e切换从各罐5a~5c向哪个膨胀机7a~7c供给压缩空气。膨胀机7a~7c相互电气地并联连接,与发电机9a~9c机械地分别连接。发电机9a~9c通过驱动膨胀机7a~7c而动作,进行发电。

[0060] 输出传感器10测量风力发电装置2的输出。既可以测量CAES发电装置1的输入部分处的电力等,也可以从风力发电装置2作为输出信号获取。压力传感器11a~11c分别测量罐5a~5c内的压力。控制装置12与注入侧阀6a~6e及排出侧阀8a~8e电气地连接。借助控制装置12,基于输出传感器10及压力传感器11a~11c的测量值,控制注入侧阀6a~6e及排出侧阀8a~8e的开闭。

[0061] 另外,在风力发电装置2与马达3a~3c之间、以及系统与发电机9a~9c之间,配置有变压器、逆变器、继电器、断路机等电力设备(图示省略)。在该实施方式中使用压力传感器11a~11c,但只要能够检测罐内的空气残留量就可以,也可以设置压力传感器以外的检测器。

[0062] 此外,本第1实施方式的压缩机4a~4c、膨胀机7a~7c既可以使用相同容量的设备,也可以以压缩机4c>压缩机4b>压缩机4a、膨胀机7c>膨胀机7b>膨胀机7a的顺序改变大小。一般而言,压缩机/膨胀机容量越小则响应性越好,容量越大则效率越高。为了利用这些有利的点,在向短周期变动的对应中,优选的是使用容量相对较小的压缩机/膨胀机,在向长周期变动的对应中,优选的是使用容量相对较大的压缩机/膨胀机。

[0063] 这样,CAES发电装置1利用由压缩空气带来的能量。因而,在不排出对环境有害的物质这一点上是有效的。此外,在能量的储存中不使用2次电池或电容器。2次电池或电容器

在使用时有不利的点。2次电池废弃成本较高,循环寿命(充放电的循环数)较短。根据种类,需要充电率、电压的监视及温度管理。电容器能量密度较低,是昂贵的。

[0064] 接着,对CAES发电装置1的平准化方法及其控制方法详细地说明。

[0065] 图2表示风力发电装置2的输出变动的1天的推移例(由自然能量带来的变动输出)、和作为平准化的目标的两个曲线(长周期需求曲线及短周期基准曲线)。风力发电装置2的输出变动由输出传感器10测量,由控制装置12区分识别为长周期变动和短周期变动。这里,所谓长周期,表示几小时单位的变动,所谓短周期,表示几分钟单位的变动。关于秒单位的变动用滤波器等去除。短周期的变动主要使用小容量罐5a、5b平准化。对于长周期的变动,主要使用大容量罐5c输出与需求曲线对应的电力。与大容量罐5c相比,利用小容量罐5a、5b的发电为了升压到成为适合于发电的压力所花费的时间较短,能够在总是储存了适当的压缩空气量的状态下发电,所以响应性较好。因而,根据变动周期的长度使用容量不同的罐5a~5c,由此,特别相对于短周期变动,能够追随性良好地平准化。

[0066] 在长周期变动和短周期变动中,首先,说明相对于长周期变动的控制方法。

[0067] 图3是表示相对于长周期变动的控制方法的流程图。如图3所示,相对于长周期变动,有进行发电的情况和进行蓄电的情况。在相对于长周期变动进行发电的情况下,利用大容量罐5c的压缩空气驱动膨胀机7c而发电。此时,将排出侧阀8c打开。在相对于长周期变动进行蓄电的情况下,使用压缩机4c向大容量罐5c填充压缩空气。此时,将注入侧阀6c打开。在此情况下,也可以不使用压缩机4a、4b,但在进行急速填充的情况下也可以使用压缩机4a、4b。同样,也可以不使用膨胀机7a、7b,但在需要使放电电力增加的情况下也可以使用膨胀机7a、7b。

[0068] 控制装置12进行发电和蓄电的切换、及压缩机/膨胀机的转速控制。该切换的判断基于图2的长周期需求曲线进行。在风力发电装置2的输出(输出传感器10的测量值)是长周期需求曲线以上的情况下进行蓄电。另一方面,在处于比长周期需求曲线靠下方的情况下进行发电。这样,进行使输出传感器10的输出向作为目标的长周期需求曲线靠近那样的控制。这里,长周期需求曲线例如基于持续长年储存的过去的电力使用量数据,根据当日的星期及气象条件等来决定。

[0069] 接着,说明相对于短周期变动的控制方法。

[0070] 图4A及图4B是表示相对于短周期变动的控制方法的流程图。与长周期变动的情况同样,相对于短周期变动,有进行发电的情况和进行蓄电的情况。在相对于短周期变动进行发电的情况下,例如利用小容量罐5a的压缩空气使膨胀机7a旋转而发电。此时,将排出侧阀8a打开,将排出侧阀8d关闭。在相对于短周期变动进行蓄电的情况下,例如使用压缩机4a向小容量罐5a填充压缩空气。此时,将注入侧阀6a打开,将注入侧阀6d关闭。

[0071] 控制装置12与相对于长周期变动的情况同样,相对于短周期变动也进行发电和蓄电的切换。该切换的判断基于在图2中用虚线表示的短周期基准曲线进行。在风力发电装置2的输出(输出传感器10的测量值)是短周期基准曲线以上的情况下进行蓄电。另一方面,在处于比短周期基准曲线靠下方的情况下进行发电。这样,进行平准化,以使风力发电装置2的输出(输出传感器10的测量值)向作为目标的短周期基准曲线靠近。这里,短周期基准曲线例如基于之前的既定时间中的平均值来决定。

[0072] 对于压缩机4a~4c及膨胀机7a~7c,通常有涡轮式和以螺旋式、涡旋式及旋转式

为代表的容积式两种。这里,连接在小容量罐5a、5b上的压缩机4a、4b和膨胀机7a、7b都优选的是容积式。此外,连接在大容量罐5c上的压缩机4c及膨胀机7c也都优选的是容积式。借助该方案,不采用涡轮式而采用容积式,由此能够进行转速控制,能够进行稳定的发电。此外,容积式与涡轮式相比,即使是小流量(低转速)效率也不下降,所以即使在储存于罐中的压缩空气量较少的情况下也能够进行稳定的发电,能够将控制范围扩展。特别是,连接在小容量罐5a、5b上的压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b为了将短周期变动平准化而需要良好的追随性,容积式是特别有效的。另外,在本实施方式的情况下,对于压缩机4a~4c及膨胀机7a~7c,使用即使在容积式中也适合于比较大容量的结构的螺旋式(详细地讲,是双螺旋式)的压缩机及膨胀机。

[0073] 在上述方案以外,也可以是,连接在大容量罐5c上的压缩机4c及膨胀机7c都是涡轮式,另一方面,连接在小容量罐5a、5b上的压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b都是容积式。借助该方案,能够对已设的CAES设备(罐5c、压缩机4c、膨胀机7c)追加设置小容量的容积式压缩机4a、4b、容积式膨胀机7a、7b及罐5a、5b。关于该方案,已设的CAES设备通常是涡轮式,有能够将该已设的设备原样利用的优点。此外,即使是新设的情况,由于连接在大容量罐5c上的压缩机4c及膨胀机7c以对应于长周期变动为主要目的,所以也能够用涡轮式对应。

[0074] 优选的是,相对于短周期的变动电力使用小型的压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b,相对于长周期的变动电力使用大型的压缩机5c及膨胀机7c。借助该方案,小型的压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b相对于输入的响应性较好,所以相对于短周期变动的追随性提高。

[0075] 在将短周期变动平准化的情况下,控制装置12基于使用输出传感器10测量的短周期的变动电力的振幅,进行压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b的台数控制和转速控制。但是,在进行转速控制的情况下,压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b需要是容积式。例如,关于台数控制,基本上使用连接在小容量罐5a上的压缩机4a及膨胀机7a。但是,在变动电力的振幅以用压缩机4a及膨胀机7a不能完全平准化的程度大幅从短周期基准曲线背离的情况下,增加运转台数(将压缩机4b或膨胀机7b配合使用)。此时,匹配于压缩机4a~4c和膨胀机7a~7c的动作,控制注入侧阀6a~6e及排出侧阀8a~8e。在需要对应于特别急剧的变动的情况下,也可以将全部的压缩机4a~4c或全部的膨胀机7a~7c同时运转。通过这样,能够进行更大范围的平准化。关于转速控制也同样,对应于平准化的程度使压缩机4a~4c及膨胀机7a~7c的转速(输出)增减,进行最优的平准化。

[0076] 在本实施方式中,小容量罐5a、5b设有两座。因而,控制装置12还基于压力传感器11a~11c的测量值来判断使用小容量罐5a、5b的哪个。图4A及图4B表示特别地将小容量罐5a设定为主罐5a的情况下的控制。

[0077] 参照图4A及图4B,在相对于短周期变动进行发电的情况下,如果小容量罐5a是适合于发电的填充量则使用小容量罐5a(将排出侧阀8a打开,将排出侧阀8d关闭)。在小容量罐5a为空或填充量较低的情况、以及小容量罐5b的填充量充足的情况下,使用小容量罐5b(将排出侧阀8b打开,将排出侧阀8e关闭)。在小容量罐5a、5b都为空或填充量较低的情况、并且大容量罐的填充量充足的情况下,不得已而使用大容量罐5c(将排出侧阀8c~e的某个打开,将其他的排出侧阀关闭)。

[0078] 另外,在小容量罐5a或5b的空气量较低的情况下,可以适当从大容量罐5c向小容量罐5a、5b压力差填充压缩空气。表示该情况的是图5。大容量罐5c经由罐间空气供给阀

21a、21b而与小容量罐5a、5b连接,以便能够向其供给压缩空气。作为罐间空气供给阀21a、21b,可以使用基于小容量罐与大容量罐的压力差被开闭控制的电磁阀、或在压力差下自动开闭的压力差控制阀。像这样能够做成从大容量罐5c向小容量罐5a、5b压力差填充空气的结构在后述的第2至第5实施方式中也是同样的。

[0079] 在相对于短周期变动进行蓄电的情况下,只要小容量罐5a不是满罐就向小容量罐5a填充压缩空气(将注入侧阀6a打开,将注入侧阀6d关闭)。在小容量罐5a是满罐的情况、小容量罐5b不是满罐的情况下,向小容量罐5b填充压缩空气(将注入侧阀6b打开,将注入侧阀6e关闭)。在小容量罐5a、5b都是满罐的情况下,向大容量罐5c填充压缩空气(将注入侧阀6c打开)。

[0080] 这样,即便是小容量罐5a、5b全部为空的情况,也能够使用大容量罐5c的压缩空气驱动膨胀机7a、7b。因而,能够避免短周期变动不被平准化的情况。

[0081] 代之,也可以是不对小容量罐设定优先级较高的主罐的方法。图6A、图6B及图7A~图7D表示将小容量罐5a、5b交替地使用的控制方法。

[0082] 在相对于短周期变动进行发电的情况下,由控制装置12基于存储的标志选择处理1~4。在处理1中,在小容量罐5a不为空(或压缩空气量较少的情况。以下相同)的情况下,使用小容量罐5a(将排出侧阀8a打开,将排出侧阀8d关闭)。在小容量罐5a为空的情况及小容量罐5b不为空的情况下,变更为标志=2,开始使用小容量罐5b(将排出侧阀8b打开,将排出侧阀8e关闭)。在小容量罐5a、5b都为空的情况下,变更为标志=3,使用大容量罐5c(将排出侧阀8d、8e的某个打开,将其他的排出侧阀关闭)。在处理2中,在小容量罐5b不为空的情况下,使用小容量罐5b(将排出侧阀8b打开,将排出侧阀8e关闭)。在小容量罐5b为空的情况及小容量罐5a不为空的情况下,变更为标志=1,开始使用小容量罐5a(将排出侧阀8a打开,将排出侧阀8d关闭)。在小容量罐5b、5a都为空的情况下,变更为标志=4,使用大容量罐5c(将排出侧阀8d、8e的某个打开,将其他的排出侧阀关闭)。在此情况下,相对于长周期变动的控制通过将排出侧阀8c打开而接着由膨胀机7c承担)。在处理3中,在小容量罐5b不为空的情况下,变更为标志=2,使用小容量罐5b(将排出侧阀8b打开,将排出侧阀8e关闭)。在小容量罐5b为空的情况下,使用大容量罐5c(将排出侧阀8a、8b关闭,将排出侧阀8d或/及8e打开)。在处理4中,在小容量罐5a不为空的情况下,变更为标志=1,使用小容量罐5a(将排出侧阀8a打开,将排出侧阀8d关闭)。在小容量罐5a为空的情况下,使用大容量罐5c(将排出侧阀8a、8b关闭,将排出侧阀8d或/及8e打开)。

[0083] 在相对于短周期变动进行蓄电的情况下,由控制装置12根据存储的标志选择填充压缩空气的罐5a~5c。在标志=1或标志=3的情况下,如果小容量罐5b不是满罐,则向小容量罐5b填充压缩空气(将注入侧阀6b打开,将其他的阀关闭)。在小容量罐5b是满罐的情况、小容量罐5a不是满罐的情况下,向小容量罐5a填充压缩空气(将注入侧阀6a打开,将其他的阀关闭)。在小容量罐5b、5a都为满罐的情况下,向大容量罐5c填充压缩空气(将注入侧阀6d、6e的某个打开,将其他的阀关闭)。在标志=2或标志=4的情况下,如果小容量罐5a不是满罐,则向小容量罐5a填充压缩空气(将注入侧阀6a打开,将其他的阀关闭)。在小容量罐5a是满罐的情况、小容量罐5b不是满罐的情况下,向小容量罐5b填充压缩空气(将注入侧阀6b打开,将其他的阀关闭)。在小容量罐5a、5b都是满罐的情况下,向大容量罐5c填充压缩空气(将注入侧阀6d、6e的某个打开,将其他的阀关闭)。

[0084] 这样,通过将小容量罐5a、5b交替地使用,使得小容量罐5a、5b的某个的使用频率不会变高。因而,能够防止仅小容量罐5a、5b的某个使用劣化。此外,与设定了主罐5a的情况同样,即便是小容量罐5a、5b全部为空的情况,也使用大容量罐5c的压缩空气驱动膨胀机7a、7b。因而,能够避免短周期变动不被平准化的情况。另外,不仅是将小容量罐5a、5b交替地使用,如果将两者同时使用,还能够将更大范围的变动平滑化。

[0085] 在设定主罐5a的情况或不设定主罐5a的情况的任一方法中,都设有未图示的安全阀,以使得罐5a~5c不超过容许压力。安全阀预先设定为,在有可能超过容许压力的情况下,将储藏在罐5a~5c中的压缩空气向大气开放以成为容许压力以下。在全部的罐5a~5c是满罐的情况、并且为了平滑化而需要消耗风力发电装置2的电力的情况下,只要驱动某个压缩机4a~4c、将产生的空气向大气释放就可以。

[0086] 在设定主罐5a的情况或不设定主罐5a的情况的任一方法中,关于小容量罐5a、5b的使用,都可以不使用到完全变空。如果小容量罐5a、5b的残留空气量减少,则向膨胀机7a、7b供给的空气量减少,有不能确保充足的发电量的情况。但是,通过这样对残留空气量设置一定的阈值,能够在维持发电所需要的一定以上的空气供给量(或压力)的状态下使用压缩空气。

[0087] 根据本发明,相对于长周期和短周期的各变动电力分别使用容量不同的罐,所以能够将长周期和短周期的变动电力两者有效地平准化,输出与需求电力对应的电力。此外,根据需要相对于短周期变动也使用大容量罐5c,由此,即使是小容量罐5a、5b全部为空的情况也能够进行平准化。为了避免这样的情况,在小容量罐5a、5b的空气剩余量减少的情况下,希望从大容量罐5c向小容量罐5a、5b进行压力差填充。

[0088] (第2实施方式)

[0089] 图8表示第2实施方式的CAES发电装置1。本实施方式的CAES发电装置1关于在1座小容量罐5a上连接着各2台(多个)压缩机4a、4b和膨胀机7a、7b的部分以外的结构与图1的第1实施方式是同样的。因而,对与图1所示的结构同样的部分赋予同样的附图标记而省略说明。

[0090] 参照图8,第2实施方式的CAES发电装置1分别设有1座小容量罐5a和大容量罐5b。在小容量罐5a上,分别连接着马达3a、3b、压缩机4a、4b、膨胀机7a、7b及发电机9a、9b。在大容量罐5b上,分别连接着全部的马达3a~3c、压缩机4a~4c、膨胀机7a~7c及发电机9a~9c。借助该方案,与马达3a~3c、压缩机4a~4c、膨胀机7a~7c及发电机9a~9c相对于各罐仅设有各1台的情况相比,能够向小容量罐5a更迅速地储存压缩空气。此外,由于小容量罐有1个就可以,所以能够抑制设备成本和设置面积。

[0091] 关于CAES发电装置1的平准化方法及其控制方法,在将长周期变动平准化而输出与电力需求相符的电力的情况下,第2实施方式也与第1实施方式是同样的。

[0092] 在将短周期变动平准化的情况下,控制装置12基于短周期基准曲线进行压缩机4a~4c及膨胀机7a~7c的台数控制和转速控制。在向小容量罐5a填充压缩空气而蓄电的情况下,可以使用1台或2台压缩机4a、4b。例如,在使用1台压缩机4a的情况下,将注入侧阀6a、6d打开,至少将注入侧阀6e关闭。此外,在使用2台压缩机4a、4b的情况下,将注入侧阀6a、6b、6d、6e打开,至少将注入侧阀6f关闭。这样,能够调整使用的压缩机4a、4b的台数,调整向小容量罐5a的压缩空气的填充速度/填充量。同样,在使用小容量罐5a的压缩空气来发电的情

况下,关于膨胀机7a、7b,可以使用1台或2台。例如,在使用1台膨胀机7a(发电机9a)的情况下,将排出侧阀8a、8d打开,将排出侧阀8e和根据需要的其他的排出侧阀关闭。此外,在使用2台膨胀机7a、7b(发电机9a、9b)的情况下,将排出侧阀8a、8b、8d、8e打开,至少将排出侧阀8f关闭。这样,能够调整使用的膨胀机7a、7b(发电机9a、9b)的台数,调整发电的电力量。此外,关于这里记载的部分以外的短周期变动的平准化方法及控制,第2实施方式也与第1实施方式是同样的。

[0093] (第3实施方式)

[0094] 图9表示第3实施方式的CAES发电装置1。本实施方式的CAES发电装置1关于向各罐5a、5b的压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b的连接结构的部分以外的结构与图1的第1实施方式是同样的。因而,对与图1所示的结构同样的部分赋予同样的附图标记而省略说明。

[0095] 参照图9进行说明。第3实施方式的CAES发电装置1分别设有1座小容量罐5a和大容量罐5b。在各罐5a、5b上,分别连接着各1个马达3a、3b、压缩机4a、4b、膨胀机7a、7b及发电机9a、9b。具体而言,相对于小容量罐5a仅连接着压缩机4a及膨胀机7a。相对于大容量罐5b仅连接着压缩机4b及膨胀机7b。即,不能从压缩机4a向大容量罐5b供给压缩空气。此外,不能使用大容量罐5b向膨胀机7a供给压缩空气。借助该方案,在各空气供给路的设计压力不同的情况、以及罐5a、5b不能邻接配设的情况下(特别是大容量罐5b为地下空洞或废坑道等而距离较远的情况下),也能够对应。

[0096] 关于CAES发电装置1的平准化方法及其控制方法,在将长周期变动平准化而输出与电力需求匹配的电力的情况下,第3实施方式也与第1实施方式是同样的。

[0097] 在将短周期变动平准化的情况下,控制装置12基于短周期基准曲线,进行压缩机4a、4b及膨胀机7a、7b的台数控制和转速控制。在向小容量罐5a填充压缩空气而蓄电的情况下,由压缩机4a填充压缩空气(将注入侧阀6a打开、将其他的注入侧阀关闭)。此外,在使用小容量罐5a的压缩空气发电的情况下,由膨胀机7a及发电机9a发电(将排出侧阀8a打开,将其他的排出侧阀关闭)。此外,这里记载的部分以外的短周期变动的平准化方法与第1实施方式是同样的。

[0098] (第4实施方式)

[0099] 图10表示第4实施方式的CAES发电装置1。本实施方式的CAES发电装置1关于热交换器13a~13d及蓄热部14a、14b的部分以外的结构与图1的第1实施方式是同样的。因而,对与图1所示的结构同样的部分赋予同样的附图标记而省略说明。

[0100] 参照图10进行说明。第4实施方式的CAES发电装置1分别设有1座小容量罐5a和大容量罐5b。在各罐5a、5b上,分别连接着各1个马达3a、3b、压缩机4a、4b、膨胀机7a、7b及发电机9a、9b。在各罐5a、5b的出入口上分别还设有热交换器13a~13d、和连接在热交换器13a~13d上的蓄热部14a、14b。

[0101] 因被压缩机4a、4b压缩而温度上升的空气在储存在各罐5a、5b中的期间将热向大气中释放,能量从CAES发电装置1的系统损失。为了防止该情况,被压缩机4a压缩的空气在向小容量罐5a供给之前,在入口侧热交换器13a中被热媒热回收(吸热)。在入口侧热交换器13a中借助热交换吸热的热媒被泵15a向蓄热部14a供给而蓄热。由蓄热部14a蓄热的热被从小容量罐5a吐出,经由出口侧热交换器13b被送回至对膨胀机7a供给的压缩空气。同样,由压缩机4b压缩后的空气在向大容量罐5b供给之前,在入口侧热交换器13c中被热媒热回收

(吸热)。在入口侧热交换器13c中吸热的热媒被泵15b向蓄热部14b供给而蓄热。被蓄热部14b蓄热的热被从小容量罐5b吐出,经由出口侧热交换器13d被送回至对膨胀机7b供给的压缩空气。

[0102] 借助该方案,将由压缩机4a、4b产生的热在向各罐5a、5b供给之前回收,并送回至对膨胀机7a、7b供给的压缩空气,由此,能够提高充放电效率。即,能够防止因各罐5a、5b中的压缩空气的热释放带来的能量损失,提高能量效率。

[0103] 关于CAES发电装置1的平准化方法及其控制方法,长周期变动及短周期变动都与第3实施方式是同样的。

[0104] 在各罐5a、5b的出口也可以还设有未图示的加热机构。借助该方案,通过将膨胀之前的空气加热,能够提高充放电效率。在罐中热释放,借助来自加热机构的加热对能量损失的压缩空气添加热能,由此,能够将损失的能量恢复。此外,在未图示的其他系统中有排热等的热源的情况下,能够有效利用该排热。进而,也可以如第1实施方式那样设置多个小容量罐。

[0105] (第5实施方式)

[0106] 图11表示第5实施方式的CAES发电装置1。本实施方式的CAES发电装置1关于蒸气驱动发电机16及二元发电机17的部分以外的结构与图1的第1实施方式是同样的。因而,对与图1所示的结构同样的部分赋予同样的附图标记而省略说明。

[0107] 参照图11,第5实施方式的CAES发电装置1分别设有1座小容量罐5a和大容量罐5b。在各罐5a、5b上,分别连接着各1个马达3a、3b、压缩机4a、4b、膨胀机7a、7b及发电机9a、9b。在本实施方式中,除了CAES系统的发电机9a、9b以外,还有接受来自其他的蒸气源18的蒸气而发电的蒸气驱动发电机16(发电机9c)和二元发电系统17的发电机9d,具备4个发电机9a~9d。

[0108] 图11的蒸气驱动发电机16接受从蒸气源18产生的蒸气而发电。此时,从蒸气源18产生的蒸气借助泄流分离机19将湿气分离,向蒸气驱动发电机16供给。由蒸气驱动发电机16发电产生的电力与由CAES发电装置1发电产生的电力一起向未图示的系统供给。

[0109] 二元发电系统17是用加热源将沸点较低的媒介加热而使其蒸发、用该蒸气使例如涡轮转动的发电方式。对于沸点较低的媒介,例如使用戊烷或异丁烷等有机物质、以及氟里昂替代物或氨与水的混合液等。使蒸气驱动发电机16驱动后的蒸气(例如120℃左右)借助热交换器13a而与沸点较低的媒介进行热交换。沸点较低的媒介借助由热交换器13a得到的热而蒸发,该蒸气向连接在发电机9d上的膨胀机7d供给而进行发电。由膨胀机7d膨胀后的蒸气被热交换器13b吸热而冷凝。然后,冷凝后的沸点较低的媒介被泵15a向热交换器13a供给。借助热交换器13b而与沸点较低的媒介热交换后的冷却水向冷却塔20供给而冷却。冷却后的冷却水被泵15b向热交换器13b供给。

[0110] 根据该第5实施方式的方案,具有由CAES发电装置1进行的发电以外的其他的外部发电机(蒸气驱动发电机16及二元发电系统17),所以风力发电装置2的输出在故障或长期间停止等设想以外过度地不稳定的情况、或在设想以外过小的情况下,也能够切实地维持发电输出。

[0111] 关于CAES发电装置1的平准化方法及其控制方法,长周期变动及短周期变动都与第3实施方式是同样的。

[0112] 在这里记载的各实施方式中,说明了压缩机与膨胀机的台数相等的结构,但压缩机与膨胀机的台数/容量并不需要一致,也能够使压缩机侧较小(或较少)而使膨胀机侧较大(或较多),也能够相反。

[0113] 在这里记载的各实施方式中,借助自然能量的发电装置2的对象记载了风力,但本发明的CAES发电装置1并不限于这些。具体而言,能够将利用风力、太阳光、太阳热、波力或潮力、流水或潮汐及地热等被自然的力恒常地(或反复地)补充的能量的发电全部作为对象。但是,对于随着气象条件而变动剧烈的风力发电及太阳光发电特别有效。

[0114] 附图标记说明

[0115] 1 压缩空气储藏发电装置(CAES发电装置);2 风力发电装置;3a、3b、3c 马达;4a、4b、4c 压缩机;5a、5b、5c 罐;6a、6b、6c、6d、6e、6f 注入侧阀;7a、7b、7c 膨胀机;8a、8b、8c、8d、8e、8f 排出侧阀;9a、9b、9c 发电机;10 输出传感器;11a、11b、11c 压力传感器;12 控制装置;13a、13b、13c、13d 热交换器;14a、14b 蓄热部;15a、15b 泵;16 蒸气驱动发电机;17 二元发电机;18 蒸气源;19 泄流分离机;20 冷却塔;21a、21b 罐间空气供给阀;22 控制机构。

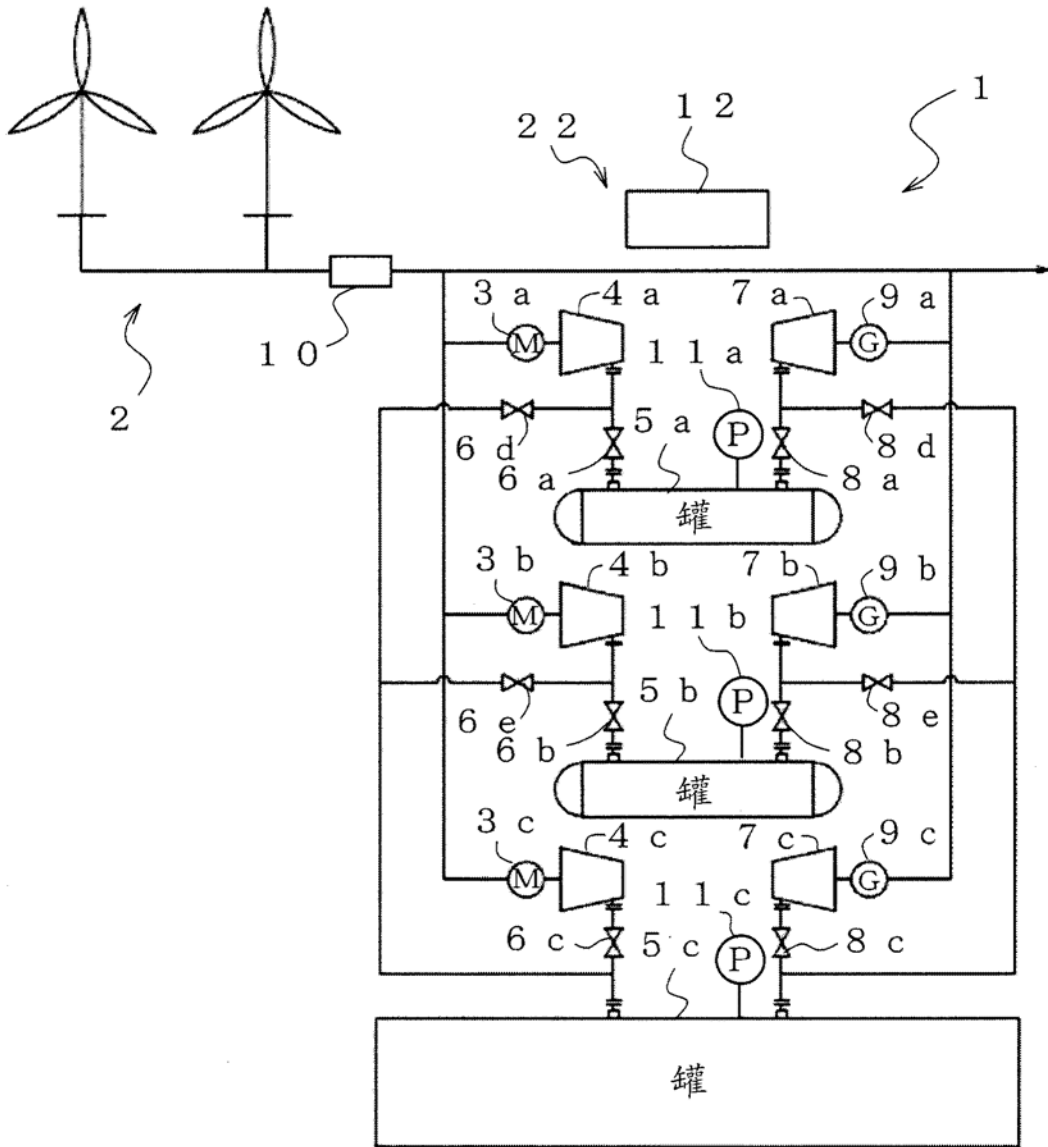


图 1

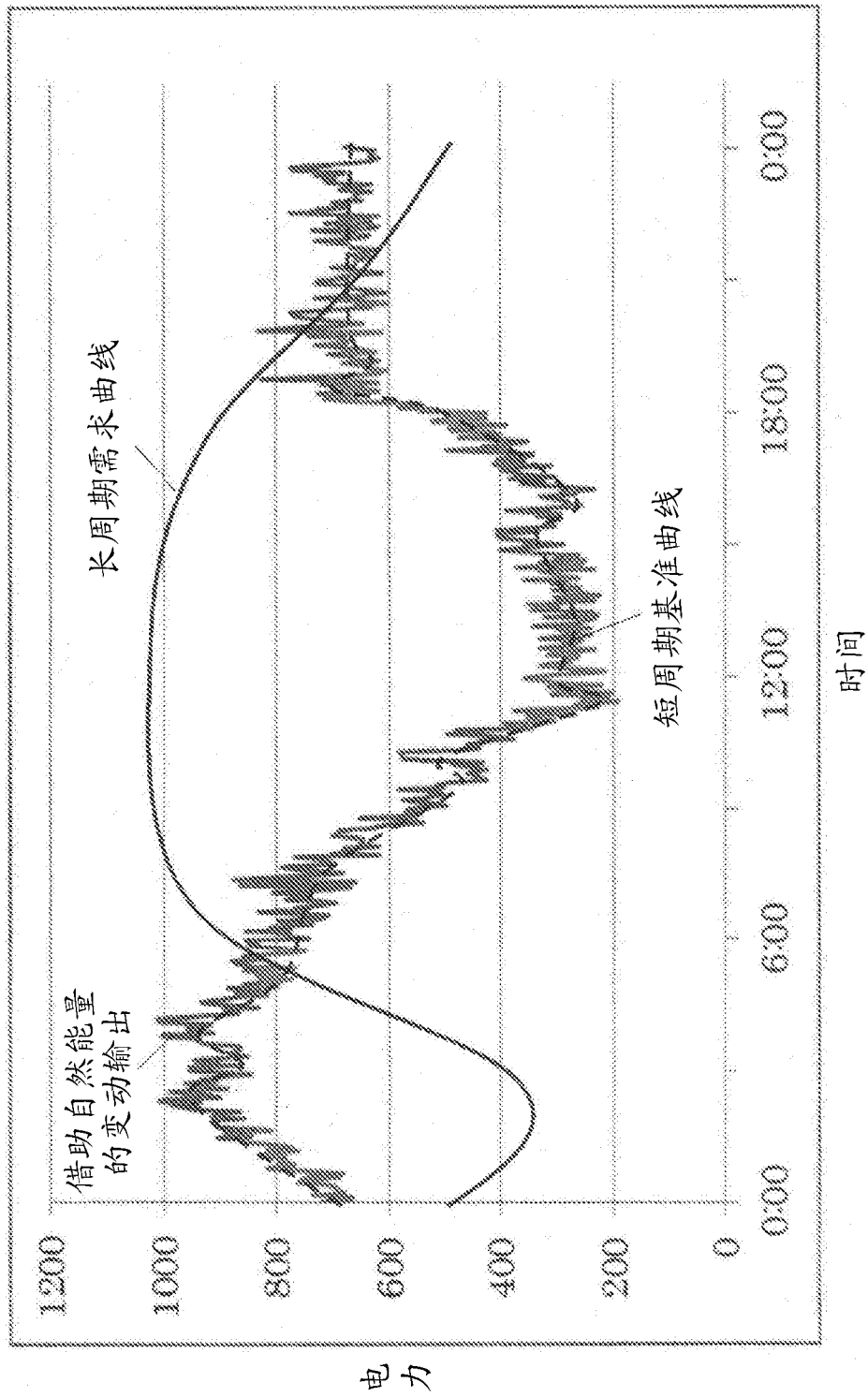


图 2

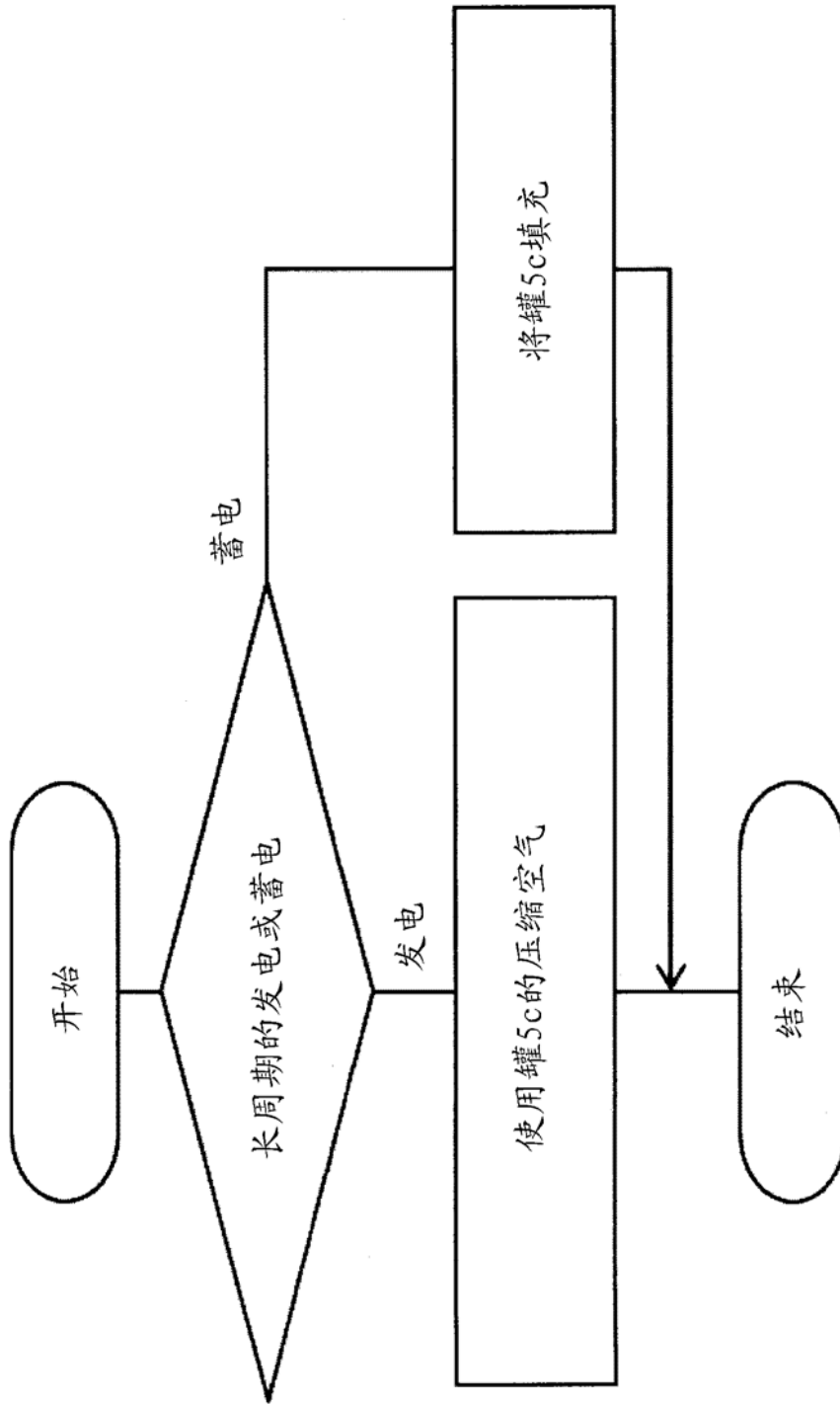


图 3

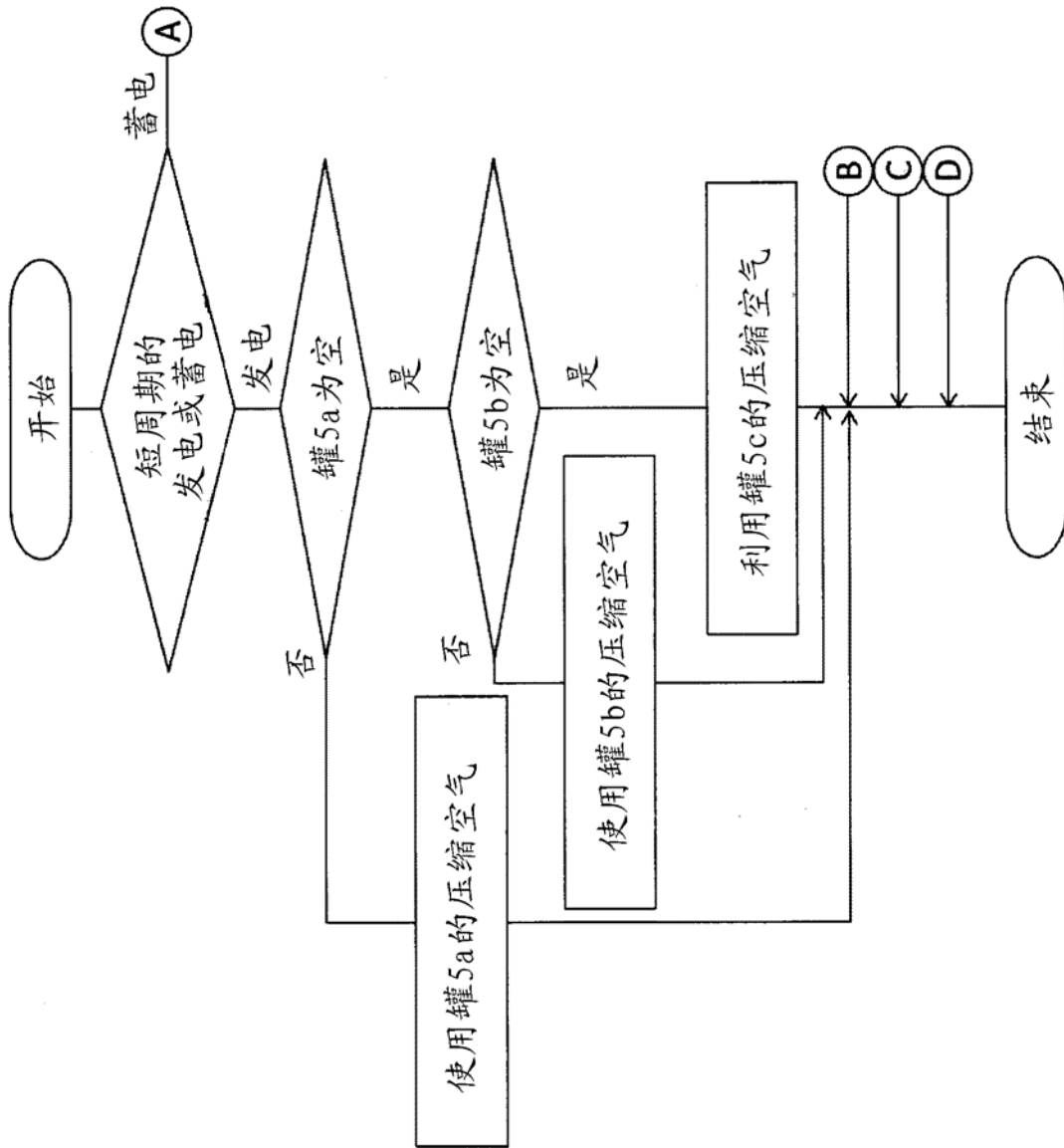


图 4A

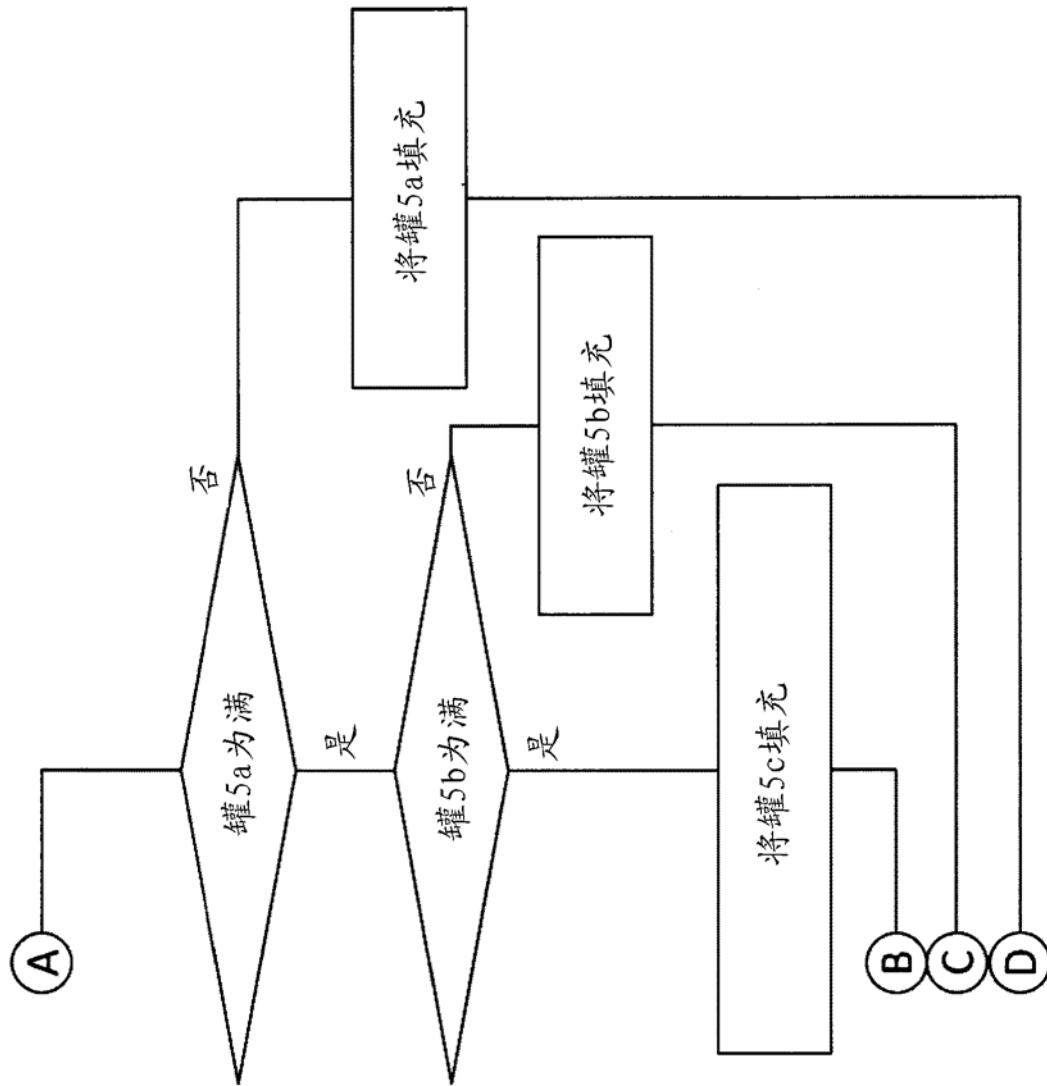


图 4B

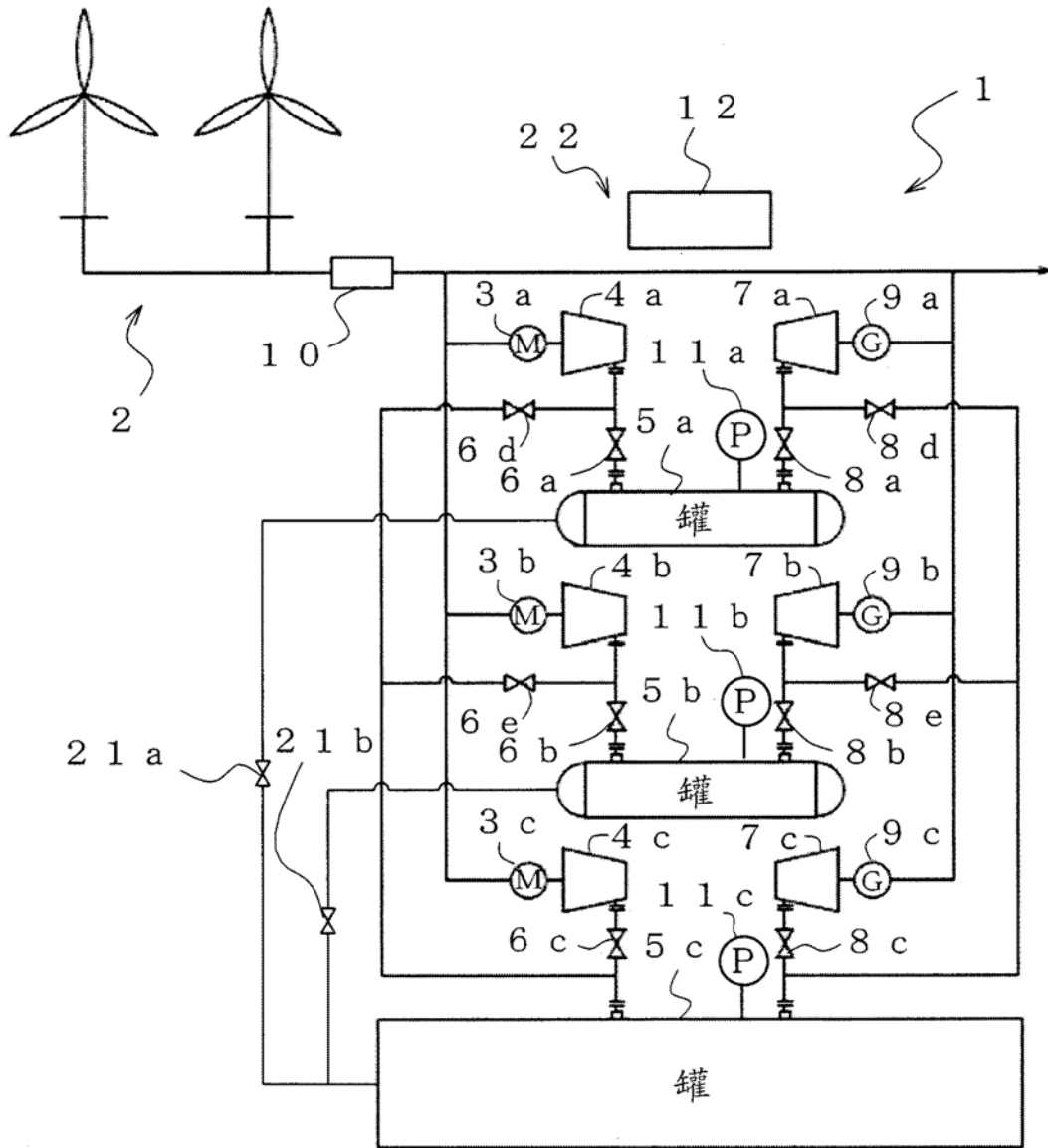


图5

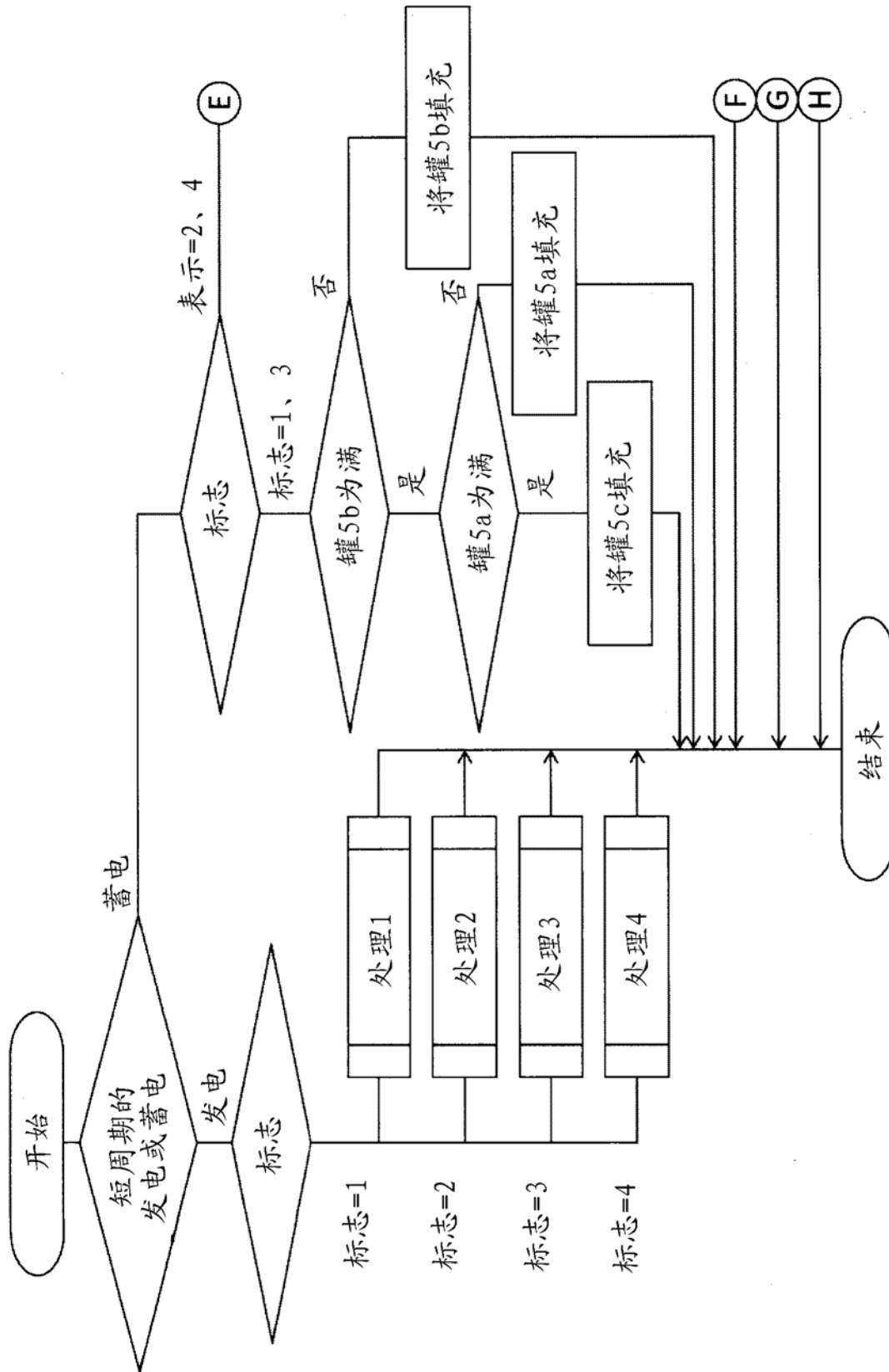


图 6A

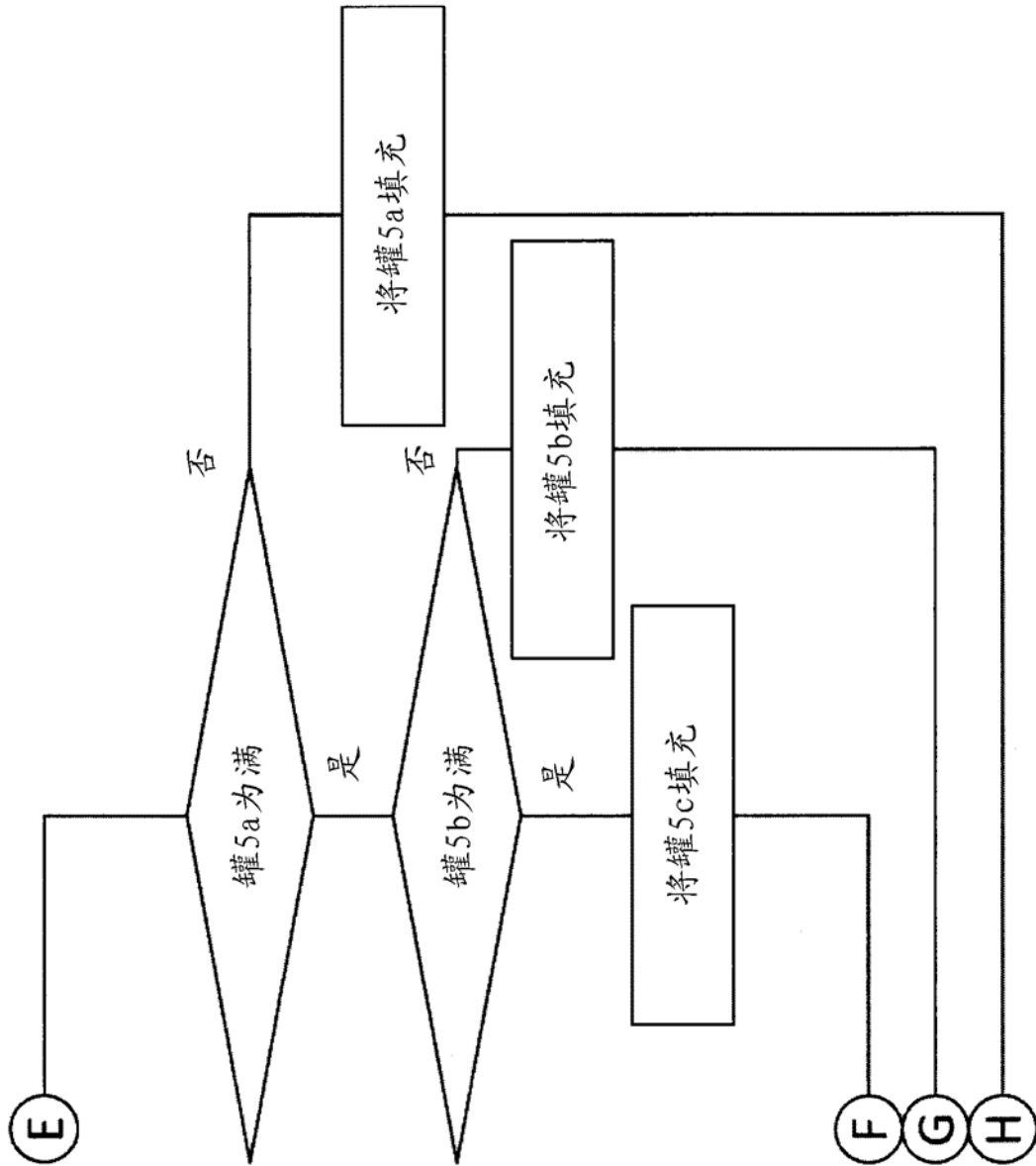


图 6B

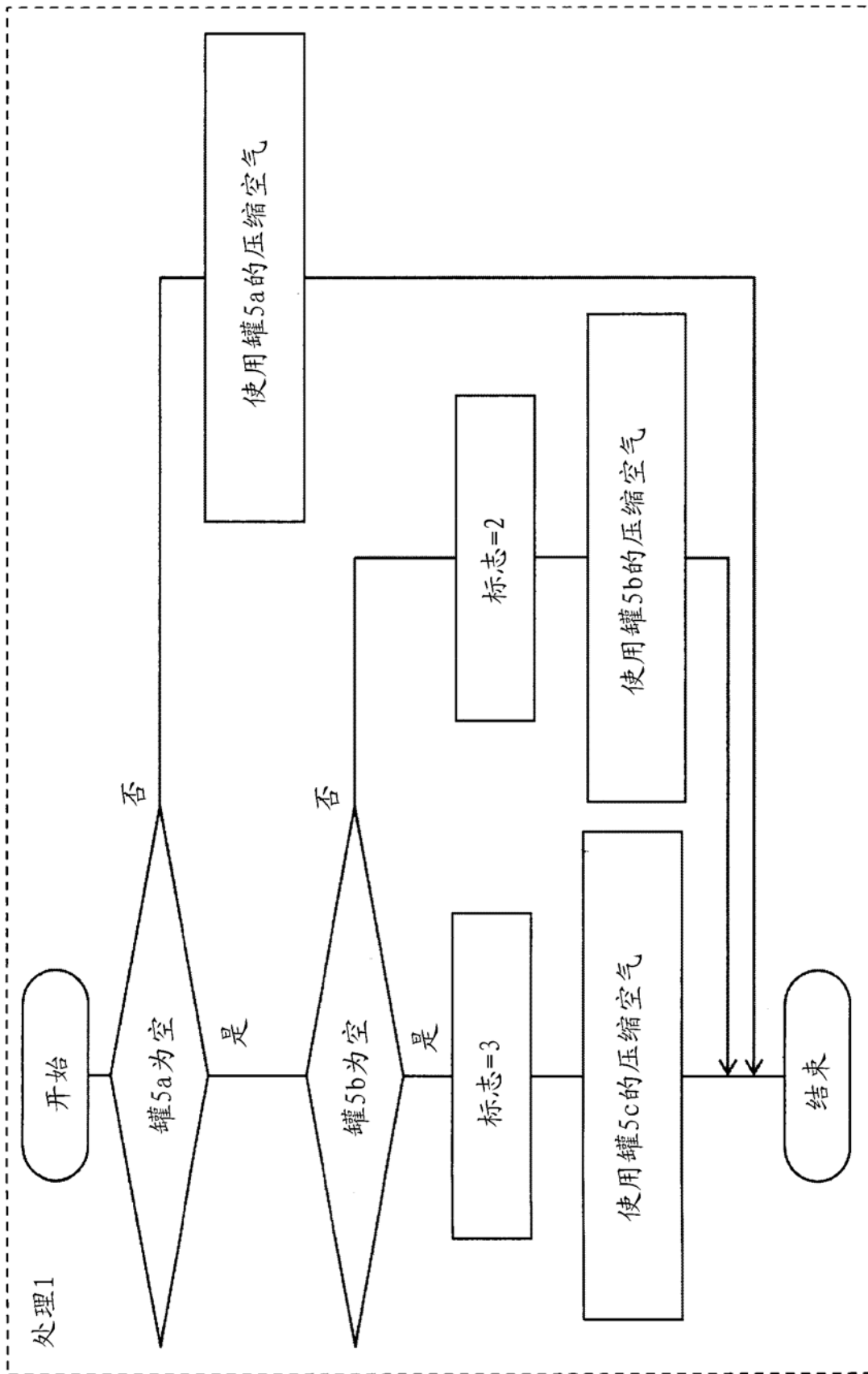


图 7A

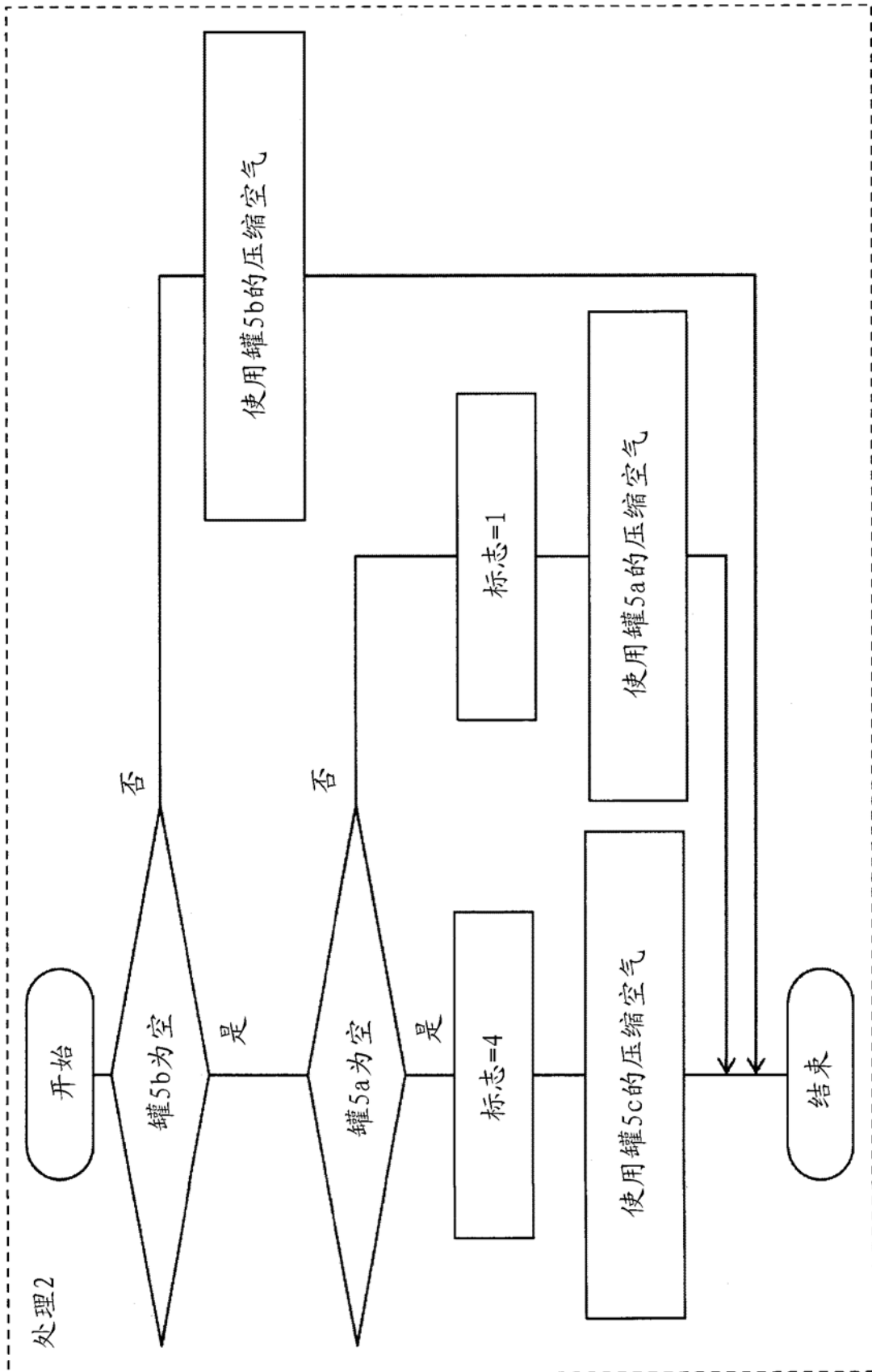


图 7B

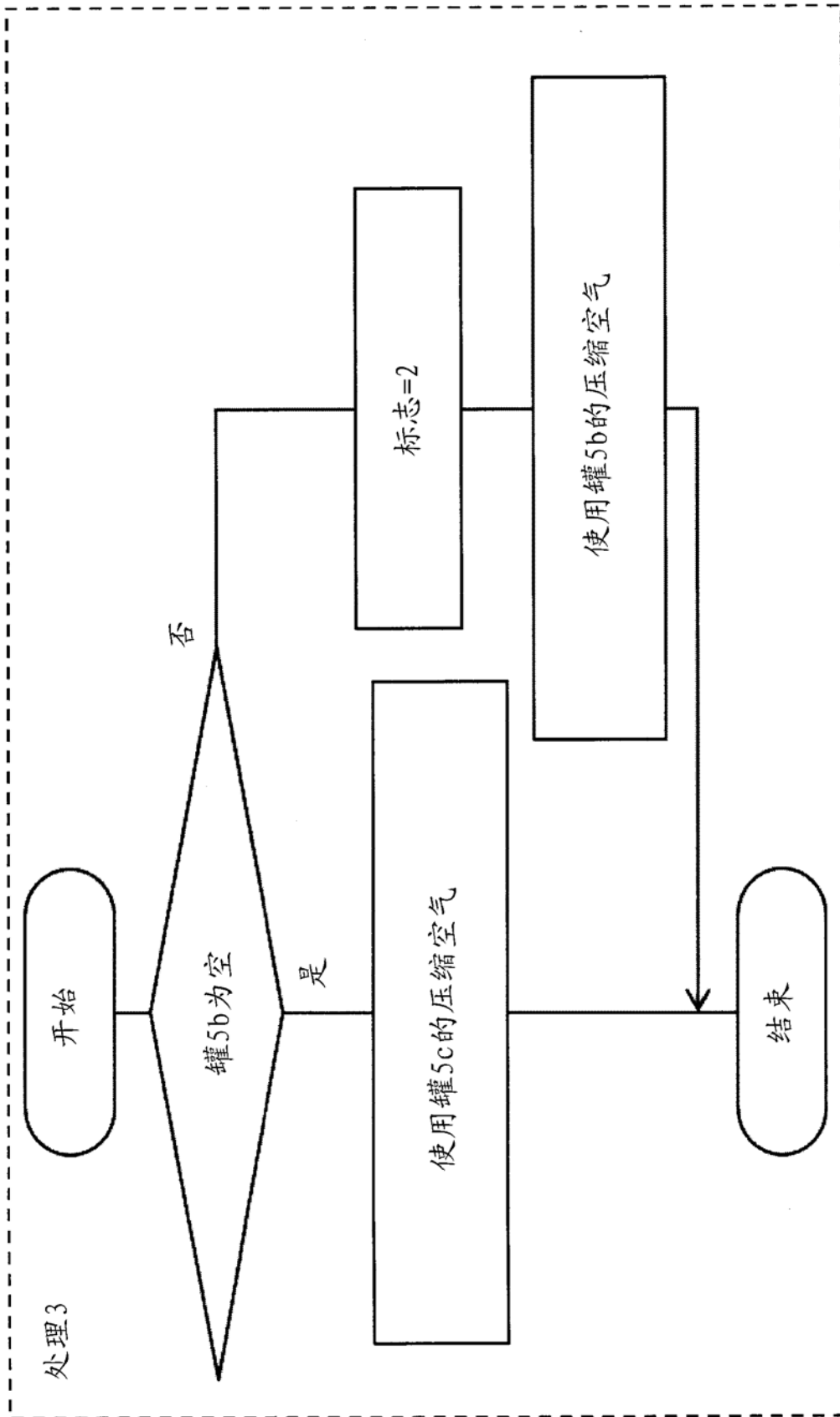


图 7C

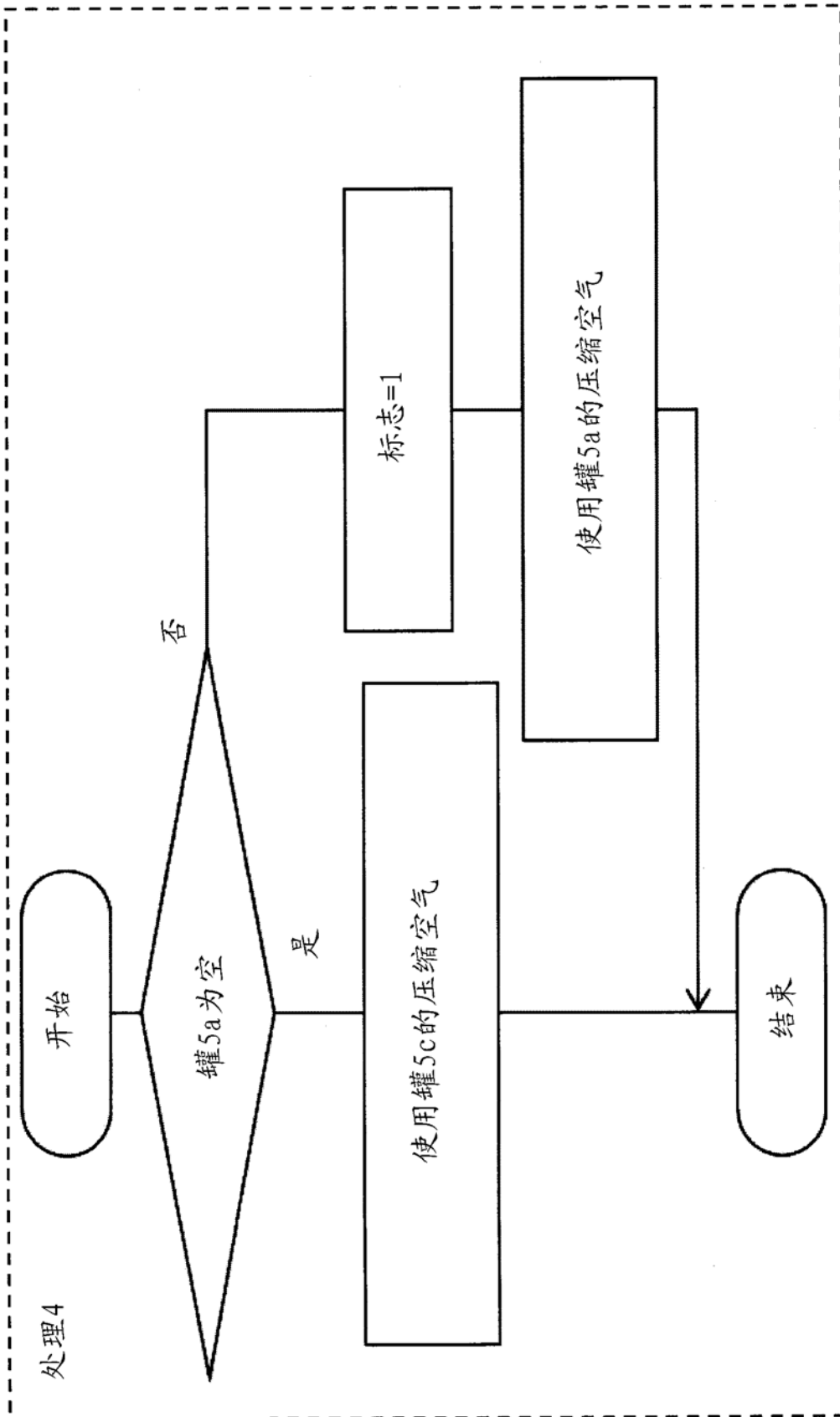


图 7D

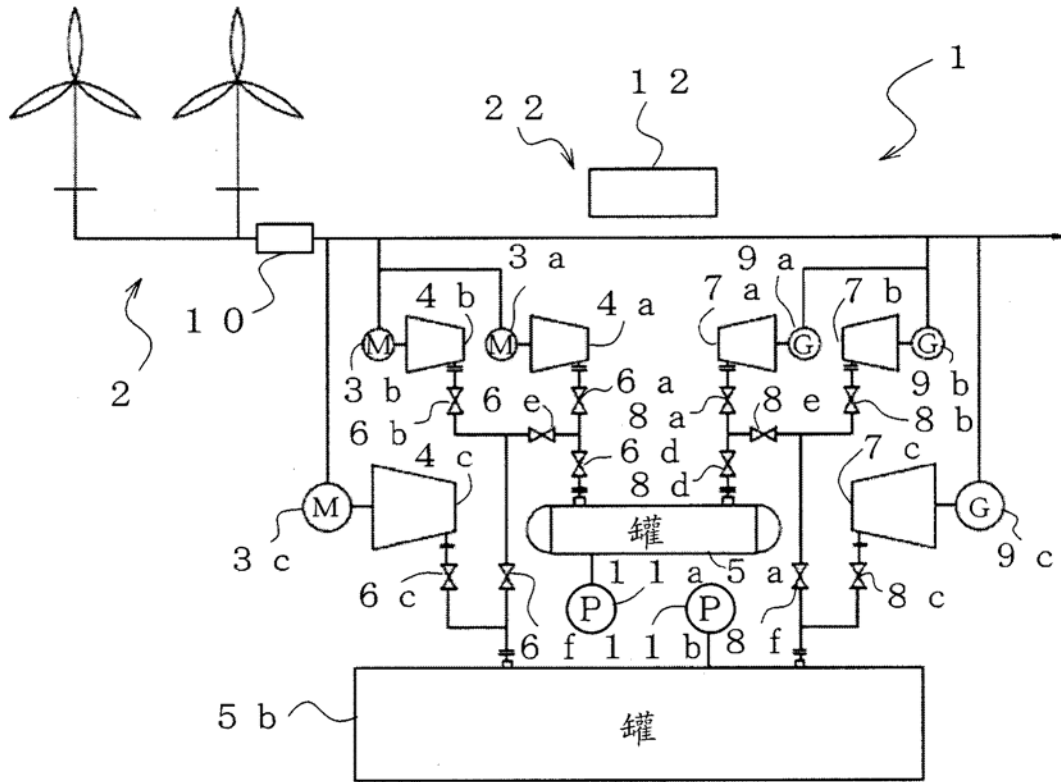


图 8

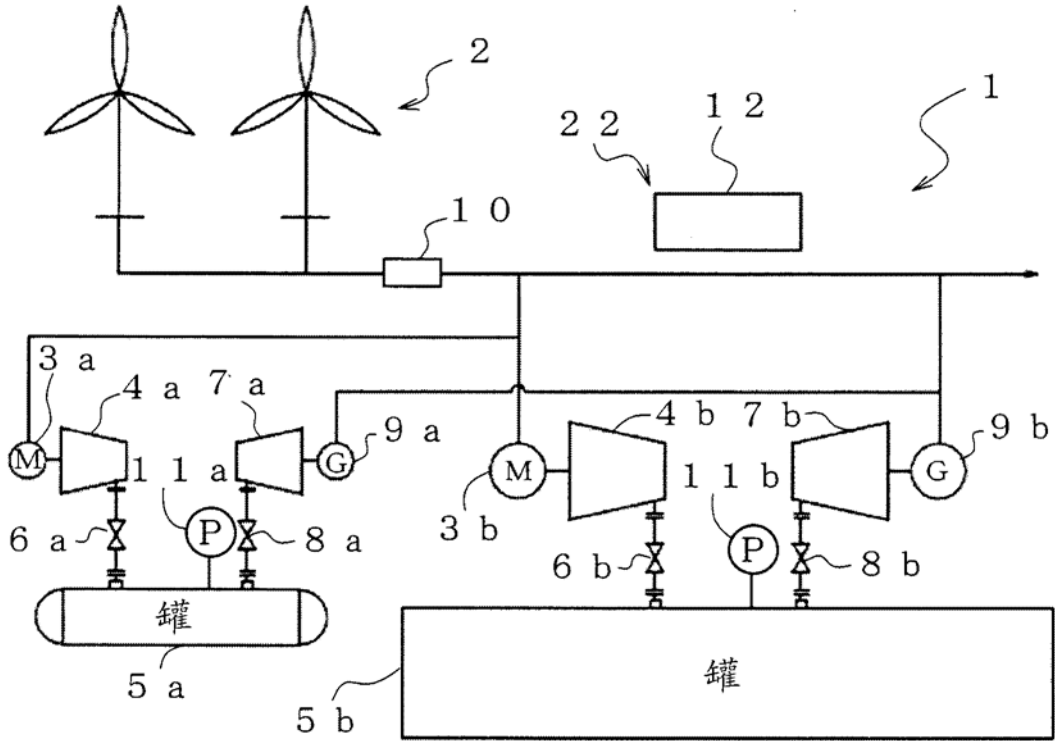


图 9

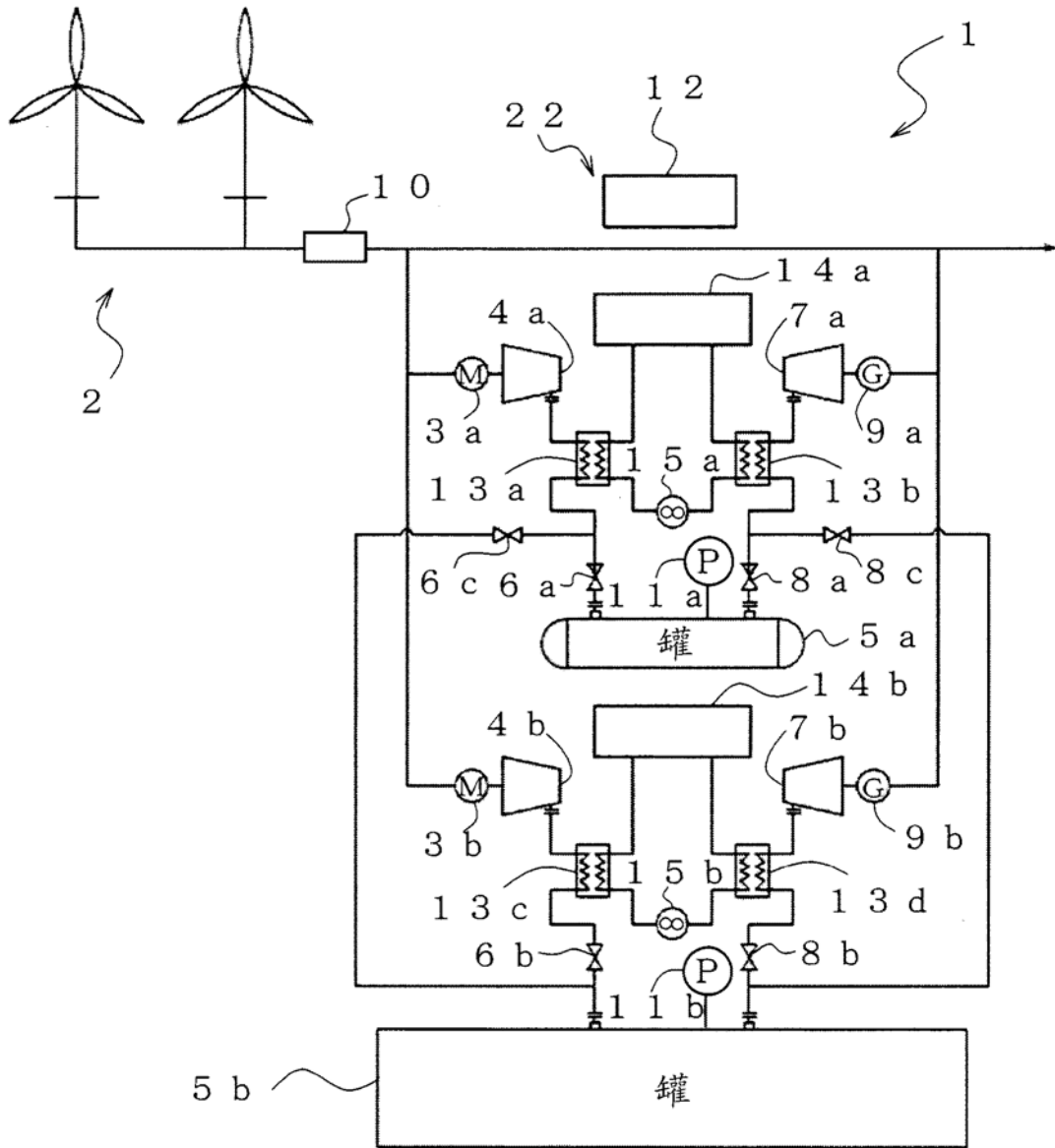


图 10

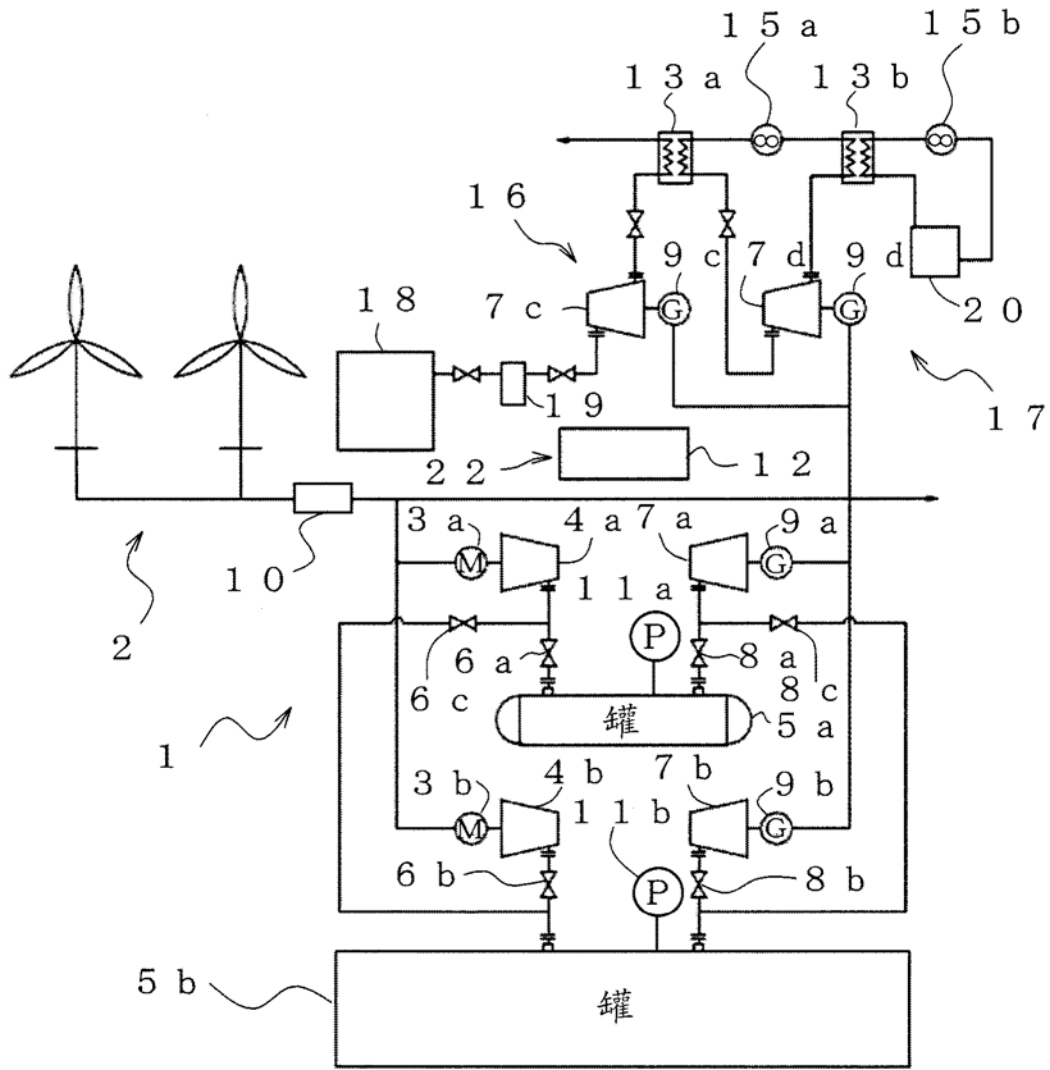


图 11