



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103229253 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 10

(21) 申请号 201180056307. 8

H02K 55/04(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 09. 19

F28D 15/02(2006. 01)

F28D 15/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

102010041194. 9 2010. 09. 22 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/066167 2011. 09. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/038357 DE 2012. 03. 29

(73) 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 M·弗兰克 P·范哈塞尔特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 侯宇

(51) Int. Cl.

H01F 6/04(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0009418 A1, 2005. 01. 13,

CN 1795602 A, 2006. 06. 28,

CN 1657375 A, 2005. 08. 24,

JP 特表 2002-525006 A, 2002. 08. 06,

审查员 陈安邦

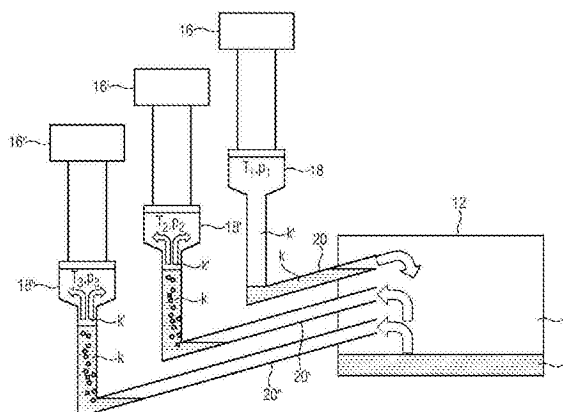
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

冷却超导机器的设备和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种冷却超导机器(2)的设备和方法,其中,至少两个冷凝室(18、18'、18'')分别与冷头(16、16'、16'')热接触,以及其中,所述至少两个冷凝室(18、18'、18'')各有连接管道(20、20'、20''),所述至少两个冷凝室(18、18'、18'')通过连接管道(20、20'、20'')与汽化室(12)流动连接。借助在所述至少两个冷凝室(18、18'、18'')内的温差和与之相关联的压差,液态冷却流体K可以从至少一个冷凝室(18、18'、18'')运动到或泵入汽化室(12)内。



1. 一种应用热虹吸效应冷却超导机器(2)的方法,包括以下步骤,

A)在与第一冷头(16、16'、或16'')热连接的第一冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)升高,此时,冷却流体汽化和/或气体在冷凝室(18、18'、或18'')内膨胀和/或压力(P_1 、 P_2 、或 P_3)在冷凝室(18、18'、或18'')内增大,以及在第一冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(12)之间第一连接管道(20、20'、或20'')内的液态冷却流体K,由于温度升高、汽化和/或气体膨胀,运动到汽化室(12)内,

以及

B)与此同时,在与第二冷头(16、16'、或16'')热连接的至少一个第二冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)保持不变或降低,由此,气态冷却流体K',由于在第一冷凝室(18、18'、或18'')内温度升高和/或由于在第二冷凝室(18、18'、或18'')内温度降低,从汽化室(12)运动到第二冷凝室(18、18'、或18'')内,

以及

C)在与第一冷头(16、16'、或16'')热连接并通过第一连接管道(20、20'、或20'')与汽化室(12)流动连接的第一冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)保持不变,

以及

D)与此同时,在与第二冷头(16、16'、或16'')热连接的至少一个第二冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)降低,由此,由于在第二冷凝室(18、18'、或18'')内温度降低、冷却流体冷凝和/或气体压缩,气态冷却流体K'通过汽化室(12)与第二冷凝室(18、18'、或18'')之间的第二连接管道(20、20'、或20''),从汽化室(12)运动到第二冷凝室(18、18'、或18'')内,

以及

E)由此,由于在至少第二冷凝室(18、18'、或18'')内温度降低、冷却流体冷凝和/或气体压缩,在第一冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(12)之间第一连接管道(20、20'、或20'')内的液态冷却流体K运动到汽化室(12)内。

2. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,与此同时,至少在与第三冷头(16、16'、或16'')热连接的第三冷凝室(18、18'、或18'')内的温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)保持不变或降低。

3. 按照权利要求2所述的方法,其特征为,在时间上直接或间接随步骤A)和B)或C)至E)后,在所述至少一个在步骤A)和B)或C)至E)时其中的温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)提高或保持不变的冷凝室(18、18'、或18'')内,将温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)降低或保持不变;以及,在所述至少一个在步骤A)和B)或C)至E)时其中的温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)保持不变或降低的至少第二冷凝室(18、18'、或18'')内,将温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)提高或保持不变。

4. 按照权利要求1所述的应用热虹吸效应冷却超导机器(2)的方法,包括以下步骤,在与第一冷头(16、16'、或16'')热连接的第一冷凝室(18、18'、或18'')内,以及与此同时在与第二冷头(16、16'、或16'')热连接的至少一个第二冷凝室(18、18'、或18'')内提高温度(T_1 、 T_2 、或 T_3),其中,与第二冷凝室(18、18'、或18'')相比在第一冷凝室(18、18'、或18'')内的温度更高和/或温度提高更多,由此,在第一冷凝室(18、18'、或18'')内比在第二冷凝室(18、18'、或18'')内有更多的冷却流体汽化,和/或气体更多膨胀和/或在第一与第二冷凝室(18、18'、或18'')内的压力(P_1 、 P_2 、或 P_3)之间形成或提高压差,由此,第一冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(12)之间的第一连接管道(20、20'、或20'')内的液态冷却流体K运动,以及气态冷却流体

K'从汽化室(12)运动到第二冷凝室(18、18'、或18'')内。

5. 权利要求1所述的应用热虹吸效应冷却超导机器(2)的方法,包括以下步骤,在与第一冷头(16、16'、或16'')热连接的第一冷凝室(18、18'、或18'')内,以及与此同时在至少一个与第二冷头(16、16'、或16'')热连接的第二冷凝室(18、18'、或18'')内降低温度(T_1 、 T_2 、或 T_3),其中,在第一冷凝室(18、18'、或18'')的温度比第二冷凝室(18、18'、或18'')内的温度低,和/或在第一冷凝室(18、18'、或18'')的温度降低比在第二冷凝室(18、18'、或18'')内多,由此,在第一冷凝室(18、18'、或18'')内比在第二冷凝室(18、18'、或18'')内更多的冷却流体冷凝,和/或气体更多压缩和/或在第一与第二冷凝室(18、18'、或18'')内的压力(P_1 、 P_2 、或 P_3)之间形成或提高压差,由此,第二冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(12)之间的第二连接管道(20、20'、或20'')内的液态冷却流体K运动,以及气态冷却流体K'从汽化室(12)运动到第一冷凝室(18、18'、或18'')内。

6. 权利要求4所述的应用热虹吸效应冷却超导机器(2)的方法,包括以下步骤,在与第一冷头(16、16'、或16'')热连接的第一冷凝室(18、18'、或18'')内,以及与此同时在至少一个与第二冷头(16、16'、或16'')热连接的第二冷凝室(18、18'、或18'')内降低温度(T_1 、 T_2 、或 T_3),其中,在第一冷凝室(18、18'、或18'')的温度比第二冷凝室(18、18'、或18'')内的温度低,和/或在第一冷凝室(18、18'、或18'')的温度降低比在第二冷凝室(18、18'、或18'')内多,由此,在第一冷凝室(18、18'、或18'')内比在第二冷凝室(18、18'、或18'')内更多的冷却流体冷凝,和/或气体更多压缩和/或在第一与第二冷凝室(18、18'、或18'')内的压力(P_1 、 P_2 、或 P_3)之间形成或提高压差,由此,第二冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(12)之间的第二连接管道(20、20'、或20'')内的液态冷却流体K运动,以及气态冷却流体K'从汽化室(12)运动到第一冷凝室(18、18'、或18'')内。

7. 按照权利要求4至6之一所述的方法,其特征为,与此同时,至少在一个与第三冷头(16、16'、或16'')热连接的第三冷凝室(18、18'、或18'')内提高温度、保持温度不变或降低温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)。

8. 按照权利要求7所述的方法,其特征为,在时间上直接或间接随冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)提高后,降低温度(T_1 、 T_2 、或 T_3),和/或,在时间上直接或间接随冷凝室(18、18'、或18'')内温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)降低后,提高温度(T_1 、 T_2 、或 T_3)。

9. 按照权利要求1至6之一所述的方法,其特征为,所述方法实施为一种将液态冷却流体K泵入汽化室(12)内的连续或脉冲过程。

10. 按照权利要求1至6之一所述的方法,其特征为,通过借助至少一个冷头(16、16'、或16'')冷却实现温度降低,和/或借助至少一个冷头(16、16'、或16'')和/或通过借助加热器加热实现温度升高。

11. 按照权利要求7所述的方法,其特征为,通过借助至少一个冷头(16、16'、或16'')冷却实现温度降低,和/或借助至少一个冷头(16、16'、或16'')和/或通过借助加热器加热实现温度升高。

12. 按照权利要求1至6之一所述的方法,其特征为,冷却流体K、K'的运动仅借助在冷凝室(18、18'、或18'')与汽化室(13)内的压差和/或温差进行调整或控制,和/或在压力平衡时通过冷却流体运动和/或克服重力进行。

13. 按照上述权利要求1至6之一所述的方法,其特征为,在汽化室(12)内冷却流体从液

态K转变为气态K',以及冷却旋转的超导装置,和/或其中,汽化室(12)沿转子(5)旋转轴线(A)可旋转地设置在转子(5)内部。

14.按照上述权利要求1至6之一所述的方法,其特征为,所述至少两个冷头(16、16'、16'')和所述至少两个冷凝室(18、18'、18'')和/或所述至少两个连接管道(20、20'、20'')固定设置,所述至少两个连接管道(20、20'、20'')被一个围绕这些连接管道(20、20'、20'')的总管包围。

冷却超导机器的设备和方法

[0001] 本发明涉及冷却超导机器的设备和方法,其中,至少两个冷凝室分别与冷头热接触,以及其中,所述至少两个冷凝室各有连接管道,所述至少两个冷凝室通过连接管道与汽化室流动连接。

[0002] 超导机器一般包括超导线圈,它们至少在电机工作期间必须可靠冷却。自1987年起已知跃变温度 T_c 超过77K的金属氧化物超导材料。这些材料也称为高(High) T_c 超导材料或HTS超导材料,以及原则上可以采用液氮(LN_2)冷却技术。因此包括HTS(高温超导)材料线圈的电机可例如用液氮(LN_2)或用液态氦(LHe)冷却或工作。

[0003] 为了冷却有HTS材料的绕组,优选地使用形式上为所谓低温冷却器的冷却设备,它具有闭合的He(氦)压缩气体循环。这种低温冷却器尤其是Gifford-McMahon或Stirling(斯特林)型,或设计为所谓的脉冲管冷却器。它们的优点是,其冷却功率在一定程度上可以通过按一下按钮便可使用以及避免操纵低温液体。在使用这种冷却设备时,超导绕组例如通过向冷却器冷头导热间接冷却(例如参见“Proc.16th Int.Cryog.Engng.Conf.(ICEC16)”,Kitakyushu,JP,20.-24.05.1996,Verlag Elsevier Science,1997,1109至1129页)。

[0004] 例如在DE10321463A1中介绍的冷却技术可用于冷却电机转子。转子含有HTS导体组成的旋转绕组,它处于设计为导热的绕组骨架内。所述绕组骨架配备有沿轴向延伸的圆柱形中央空腔,侧向从绕组骨架伸出的管状管道与空腔连接。管道引入处于地理位置高位的冷却组件冷凝室内,并与冷凝室和转子中央空腔共同构成闭合的单管管道系统。冷却剂或冷却流体处于此管道系统中,它利用所谓热虹吸效应循环。在这里,在冷凝室内冷凝的冷却流体经由管状管道流入中央空腔,在那里由于与绕组骨架并因而与HTS绕组热耦合,所以吸收热量并汽化。汽化的冷却流体然后经由同一个管道回到冷凝室内,它在那里重新冷凝。为此需要的冷却功率由制冷机提供,制冷机的冷头与冷凝室热耦合。

[0005] 在这里,冷却剂的回流通过在起汽化器作用的中央空腔内朝制冷机起冷凝器作用的部件方向轻度的过压驱动。也就是说,这种通过在汽化器内形成气体和在冷凝室内液化造成的压差,导致期望的冷却剂回流。由所谓的“Heat-Pipes(热管)”原则上已知相应的冷却剂流动。

[0006] 在已知借助相应的冷却组件热虹吸式冷却的电机中,液态冷却剂的输送仅利用重力进行,所以不需要其他的泵送系统。为此需要将冷却组件或冷凝室务必在地理位置上设置为高于电机或绕组骨架。与此相关联的缺点尤其出现在电机和冷却组件结构在空间上受到限制的情况下。例如在电机轴垂直设置的电机中,在电机上方设置由电机驱动的对象,例如电动机。电机以这样的方式装入其环境内,亦即在电机平面内不存在自由空间。驱动的对象占据地理上较高的位置,以及,在这种状况下冷却组件不可能配置在地理上较高的位置。在综合使用时,例如在铁路的机动车中使用时,还可能例如根据规范,基于上部管线和/或隧道高度,限制机动车的结构高度。所以当给定的电机尺寸处于高度规范的数量级内时,即使电机轴水平设置,也不可能将冷却组件配置为在地理上高于电机。

[0007] 在船舶或海上设备上发生另一种情况,此时当单纯重力驱动冷却剂流动时出现问

题。若人们打算将上面说明的电机设备使用在船舶或海上设备上,则必须考虑到沿纵向经常有稳态偏斜,所谓“纵倾(Trim)”,例如达 $\pm 5^\circ$,和/或有动态的偏斜,例如达 $\pm 7.5^\circ$ 。因此,为了获得船舶使用的船级社批准,在海船甲板上这种电机设备的冷却系统即使在这些条件下也必须保证可靠冷却。若人们希望准许所述的电机偏斜,则存在危险,导致在中央转子空腔与冷却组件之间的管状管道区域,在地理位置上低于该中央转子空腔。其后果是,冷却剂在重力影响下不能到达要冷却的转子空腔。因此不再确保电机冷却并因而其运行。

[0008] 为了保证在电机偏斜时仍能可靠冷却,可以将电机相对于水平线倾斜设置,使得在假定最大纵倾角或摆动幅度时,在虹吸式管道系统中始终存在朝转子空腔方向的落差。相应的倾斜布置,恰恰在船舶建造中,尤其在电机长度较大时,由于此时需要大的空间,因此这是不希望的。作为替代,取代冷却剂循环在冷凝室与汽化室之间的单管管道系统,其中液态和气态冷却剂从冷凝室流出和流向冷凝室通过相同的管道,可以使用双管管道系统。在这里利用例如在W000/13296A中说明的热虹吸效应。然而,在转子空心轴的区域内,必须设附加的用于气态冷却剂的管道。冷凝室在地理位置上必须设置为比汽化室足够高,以保证借助重力使冷却流体可靠地从冷凝室流入汽化室。这样做需要例如在船舶内仅能有限地提供使用的结构空间。

[0009] 另一种替代方式是使用机械泵和/或机械阀。冷却剂可通过泵强迫循环。但为此需要巨大的设备性投资,尤其在冷却剂例如有温度为25至30K时。这种循环系统引起大的损失,因而几乎不可能满足船舶建造的寿命要求及其长的维修间隔时间。

[0010] 因此本发明的目的是,提供一种冷却超导机器的设备和方法,即使在机器偏斜时它们也能使超导机器可靠地冷却。在这里应取消机械运动部件,例如机械泵和阀,因为在低温工作的机械泵和阀复杂、成本高和易发生故障。本发明另一个目的是,提供一种冷却超导机器的设备和方法,其中,冷却流体也可以逆重力方向或克服重力的作用运动,无需机械运动部件,例如机械泵和阀。

[0011] 所述有关冷却超导机器设备的目的通过具有权利要求1特征的设备达到,以及有关冷却超导机器方法的目的通过具有权利要求7特征和具有权利要求8特征的方法达到。

[0012] 由各自相关的从属权利要求,可知按本发明冷却超导机器的设备和方法有利的设计。在这里,并列权利要求的特征彼此以及与从属权利要求的特征可以组合,以及从属权利要求的特征彼此可以组合。

[0013] 按本发明冷却超导机器的设备有至少两个冷凝室,它们分别与冷头热接触。其中,所述至少两个冷凝室各有连接管道,至少两个冷凝室通过连接管道与汽化室流动连接。至少两个冷凝室设计为,使冷却流体在液态时也能通过第一冷凝室内的第一压力与第二冷凝室内的第二压力之间的压差,克服重力从至少一个冷凝室运动到汽化室。上述这些压力由冷凝室内的温度决定(冷却剂的沸点曲线)。

[0014] 通过使用两个冷凝室,它们分别有与汽化室的连接管道,冷凝室内的温度可借助分别与冷凝室热耦合的冷头不同地调整。由此可以在冷凝室之间或在它们充填液态和/或气态冷却流体的内腔容积之间形成压差。在一个其中温度升高的冷凝室内,液体汽化和/或气态冷却流体膨胀和压力增大。在一个其中温度降低或减小的冷凝室内压力降低,因为气态冷却剂冷凝。通过冷凝室内的温度借助冷头不同地改变,在冷凝室之间形成压差。

[0015] 所述压差促使液态冷却流体从至少一个连接管道运动到汽化室内。在这种情况下

下,通过在一个冷凝室内与汽化室相比较大的压力,这一压力可通过在一个冷凝室内与另一个冷凝室相比较大的压力形成,在所述一个冷凝室的连接管道内的冷却流体,当压差足够大时也能克服重力运动到汽化室内。因此根本不需要运动部件,如阀或机械泵。

[0016] 也可以使用至少三个各有一个冷头的冷凝室,其中,尤其在所述至少三个冷凝室内,可通过各自配属的冷头彼此独立调整或能有控制地调节温度。此时有利地在两个冷凝室内同时降低温度以及在一个冷凝室内升高温度。在这种情况下,可以在冷凝室之间,在时间上依次交换进行在其中升高和降低温度,但总是在一个冷凝室内提高温度而在其他冷凝室内降低温度。从而导致总是从一个连接管道流出液态冷却流体并保证可靠冷却。在液态冷却流体从第三个冷凝室连接管道流入汽化室期间,从汽化室流入所述前两个冷凝室的气态冷却流体,在这两个其中温度降低的冷凝室中液化。

[0017] 通过冷凝室、连接装置和汽化室可以构成一个闭合的、尤其封闭的冷却循环。因此不发生冷却流体损失,尤其在设置有恰当确定尺寸的补偿容器时,不需要维护冷却剂循环或补充冷却流体。

[0018] 所述设备可以充填冷却流体,它包括一种均质液体,尤其液态氮、液态氦或由它们组成,或它包括由具有不同冷凝温度的冷却液体组成的混合物。冷却流体的汽化温度决定超导绕组或电机能冷却到什么温度,也就是说,可以使用哪些超导材料。冷却流体的冷凝温度决定冷头必须将冷凝室冷却到什么温度,才能使汽化的气态冷却流体重新液化。也可以通过混合或添加冷却流体调整使冷却流体汽化或液化的温度,所述温度处于纯物质例如纯氮或纯氦汽化或液化的温度之间。

[0019] 所述超导机器可以是尤其具有转子的电动机或发电机,转子有至少一个超导绕组,其中,转子设置为可绕轴线旋转。超导绕组可由HTS材料组成或包括HTS材料。这允许采用氮作为冷却流体。电机可例如在船舶中使用。

[0020] 冷凝室和各自配属的冷头可以固定设置在转子外部,以及汽化室尤其作为沿转子旋转轴线的圆柱形空腔,可随转子旋转地设置在转子内部。连接管道可以按热虹吸原理伸入汽化室并同样被固定。由此获得电机有利的特性。

[0021] 按本发明尤其应用热虹吸效应冷却超导机器的方法,包括以下步骤:

[0022] A)在与第一冷头热连接的第一冷凝室内温度升高,此时,在冷凝室内的压力增大,以及在第一冷凝室与汽化室之间第一连接管道内的液态冷却流体,由于温度升高和/或气体膨胀,运动到汽化室内,

[0023] 以及

[0024] B)与此同时,在与第二冷头热连接的至少一个第二冷凝室内温度保持不变或降低,尤其比第一冷凝室内的温度更低,由此,气态冷却流体,由于在第一冷凝室内温度升高和/或由于在第二冷凝室内温度降低,尤其通过汽化室与第二冷凝室之间的第二连接管道,从汽化室运动到第二冷凝室内。

[0025] 在这种情况下,通过在第一冷凝室内的温度升高形成或增大压差,由此通过在第一冷凝室内形成即使与汽化室内的压力相比存在的过压,将液态冷却流体压入汽化室内。温度升高可以简单和迅速实现,由此可以造成大的压差,并能使液态冷却流体克服重力经过从几厘米至几米范围内大的高度差,在连接管道内运动。

[0026] 一种作为替代的尤其应用热虹吸效应冷却超导机器的方法,包括以下步骤:

[0027] C)在与第一冷头热连接并通过第一连接管道与汽化室流动连接的第一冷凝室内温度保持不变,

[0028] 以及

[0029] D)与此同时,在与第二冷头热连接的至少一个第二冷凝室内温度降低,由此,由于在第二冷凝室内温度降低,气态冷却流体通过汽化室与第二冷凝室之间的第二连接管道,从汽化室运动到第二冷凝室内,

[0030] 以及

[0031] E)由此,由于在至少第二冷凝室内温度降低,在第一冷凝室与汽化室之间第一连接管道内的液态冷却流体运动到汽化室内。

[0032] 在这种情况下,通过在至少第二冷凝室内的温度降低形成或增大压差,由此通过在第一冷凝室内形成即使与汽化室内的压力相比存在的过压,将液态冷却流体压入汽化室内。在温度下降的同时,在至少第二冷凝室内的气态冷却流体液化,它可以在稍后的时刻运动到汽化室内。

[0033] 与此同时,至少在与第三冷头热连接的第三冷凝室内的温度可以保持不变或降低。例如在步骤C)至E)可以在第一冷凝室内造成较高的过压,以及在较短的时间内有更多的液态冷却流体运动到汽化室中。在步骤A)和B)时,在第一与第二冷凝室之间压差形成的效果,可以得到第三冷凝室的支持,而且同样在较短的时间内有更多的液态冷却流体运动到汽化室中。

[0034] 在时间上直接或间接随步骤A)和B)或C)至E)后,在所述至少一个,在步骤A)和B)或C)至E)时其中的温度提高或保持不变的冷凝室内,可以将温度降低或保持不变。在所述至少一个在步骤A)和B)或C)至E)时其中的温度保持不变或降低的第二,尤其第二和第三冷凝室内,可以将温度提高或保持不变。

[0035] 尤其应用热虹吸效应冷却超导机器的另一种作为替代的方法,包括以下步骤:在与第一冷头热连接的第一冷凝室内,以及与此同时在与第二冷头热连接的至少一个第二冷凝室内提高温度,其中,与第二冷凝室相比在第一冷凝室内的温度更高和/或温度提高更多,由此,在第一冷凝室内比在第二冷凝室内有更多的冷却流体汽化,和/或气体更多膨胀和/或在第一与第二冷凝室内的压力之间形成或提高压差,由此,第一冷凝室与汽化室之间的第一连接管道内的液态冷却流体K运动,以及气态冷却流体K' 尤其通过第二连接管道从汽化室运动到第二冷凝室内。

[0036] 作为替代方式,可以在尤其应用热虹吸效应冷却超导机器的方法中包括以下步骤:在与第一冷头热连接的第一冷凝室内,以及与此同时在至少一个与第二冷头热连接的第二冷凝室内降低温度,其中,在第一冷凝室的温度比第二冷凝室内的温度低,和/或在第一冷凝室的温度降低比在第二冷凝室内多,由此,在第一冷凝室内比在第二冷凝室内有更多的冷却流体冷凝,和/或气体更多压缩和/或在第一与第二冷凝室内的压力之间形成或提高压差,由此,第二冷凝室与汽化室之间的第二连接管道内的液态冷却流体K运动,以及气态冷却流体K' 尤其通过第一连接管道从汽化室运动到第一冷凝室内。

[0037] 在最后提到的这两种方法中,与此同时可至少在一个与第三冷头热连接的第三冷凝室内提高温度、保持温度不变或降低温度。

[0038] 在时间上直接或间接随冷凝室内温度提高后,降低温度,和/或,在时间上直接或

间接随冷凝室内温度降低后,提高温度。在这里同样适用前面说明的具有至少三个冷凝室的方法的优点,其中它们的角色或作用随时间轮换。

[0039] 所述方法因而可以实施为一种将液态冷却流体泵入汽化室内的连续或脉冲过程。

[0040] 可通过借助至少一个冷头冷却实现温度降低。可借助至少一个冷头和/或通过借助加热器加热实现温度升高。

[0041] 冷却流体的运动可以仅借助在冷凝室与汽化室内的压差和/或温差进行调整或控制,尤其在压力平衡时通过冷却流体运动和/或尤其克服重力进行。因此不再必须使用阀或机械泵将在连接管道内的液态冷却流体克服重力运动到汽化室内。由此避免机械部件低温时带来的疑难问题,减少维护费用和降低成本。

[0042] 在汽化室内冷却流体可以从液态转变为气态,以及冷却旋转的超导装置,尤其电动机或发电机转子的超导绕组,其中,超导绕组尤其包括HTS材料。汽化室可尤其作为沿转子旋转轴线的圆柱形空腔,可随转子旋转地设置在转子内部。

[0043] 所述至少两个冷头和所述至少两个冷凝室以及尤其所述至少两个连接管道可以固定设置,所述至少两个连接管道尤其被一个围绕这些连接管道的总管包围。用一个总管包围这些连接管道,使得可以减少在固定部件过渡到旋转部件的过渡部位处的密封件和轴承的数量。

[0044] 与冷却超导机器的设备和与冷却超导机器的方法关联的优点,可以彼此类似地适用。

[0045] 下面借助附图详细说明本发明优选的实施形式和按从属权利要求特征的有利的进一步发展。但本发明的保护范围并不局限于此。附图中:

[0046] 图1示意表示具有按现有技术的冷却设备的超导机器2的剖视图;以及

[0047] 图2示意表示按本发明的冷却设备简图。

[0048] 在图中相应的部分采用同样的附图标记。

[0049] 按附图的电机分别包括定子和转子以及配属的冷却组件。下面说明的电机实施形式,可尤其涉及同步电动机或发电机。电机包括旋转的超导绕组,它采用基本上金属的LTS材料(低 T_c 超导材料)或氧化的HTS材料(高 T_c 超导材料)。下述实施例以后面那种材料为基础。所述绕组可以由一个线圈组成,或由一些配置为两极、四极或甚至更多极的线圈的系统组成。由图1可见相应的,如由现有技术已知的同步电动机基本结构。

[0050] 用2标示的电机包括固定地处于室温下具有定子绕组4的外壳3。在外壳内部和被定子绕组4围绕的转子5,可以绕旋转轴线A旋转地支承在轴承6内。轴承6可以涉及惯用的机械轴承,或也可以涉及磁力轴承。此外转子还有一个真空罐7,其中在例如空心圆柱形的传扭悬架8上固定包括HTS绕组10的绕组骨架9。在此绕组骨架内与旋转轴线A同心地存在一个沿轴向延伸例如圆柱形的中央空腔12。在这里,绕组骨架设计为相对于此空腔真空密封。绕组骨架在转子的一端封闭空腔,转子在这一端借助转子轴沿轴向的实心部分5a支承。中央空腔12在对置端与直径较小的端侧空腔13连接。此端侧空腔从绕组骨架的区域向外引出外壳3的区域。围绕此端侧空腔13支承在轴承之一内的转子轴管状部分用5b标示。

[0051] 为了通过传热部件间接冷却HTS绕组10采用冷却组件,图中只表示了它的冷头16。所述冷却组件可涉及Gifford-McMahon型的低温冷却器,或尤其可涉及一种蓄热式低温冷却器,例如脉冲管冷却器或Split-Stirling(分置式斯特林)冷却器。在这里所述冷头16并

因而冷却组件其他所有重要的部分,处于转子5或其外壳3的外部。

[0052] 例如设在转子5端侧几米远处的冷头16的低温部分,在真空罐23内通过传热体17与具有冷凝室18的冷却剂冷凝组件处于良好的热接触状态。真空隔离、位置固定的热管20与此冷凝室连接,热管20在端侧的轴向区伸入随同旋转的端侧空腔13或中央空腔12内。图中没有详细表示的密封装置21用于使热管20相对于端侧空腔13密封,它有至少一个可以设计为铁磁流体密封和/或迷宫式密封和/或缝隙密封的密封件。中央空腔12通过热管20和端侧空腔13,对外气密地与冷凝室18的换热区密封连接。在中央空腔12与冷凝室18之间延伸用于容纳冷却剂的管状部分,统称管道22。所述管道与冷凝室18和中央空腔12一起看作一个管道系统。

[0053] 管道系统的这些空腔充填冷却剂,冷却剂根据HTS绕组10期望的工作温度选择。例如可考虑氦(标准压力时冷凝温度4.2K)、氢(标准压力时冷凝温度20.4K)、氖(标准压力时冷凝温度27.1K)、氮(标准压力时冷凝温度77.4K)或氩(标准压力时冷凝温度87.3K)。也可以采用这些气体的混合物。在这里,在应用所谓热虹吸效应的条件下实现冷却剂的循环。为此在冷凝室18区域内冷却剂在冷头16冷的表面上冷凝。接着,如此液化的用K标示的冷却剂,通过管道22流入中央空腔12。在这里冷凝液的输送在重力影响下实现。为此热管20可以有利的地相对于旋转轴线A朝地球中心方向小量(约几度)倾斜,以有助于液态冷却剂K从热管20的开口端20a流出。此时液态冷却剂在转子内部汽化。气态冷却剂用K'标示。然后因吸收热量而汽化的冷却剂通过管道22内部流回冷凝室18。在这里,通过起汽化器作用的空腔12内轻度的过压,激起朝冷凝室18方向的回流,过压是由于在汽化器内形成气体和在冷凝室内液化引起的。因为液化的冷却剂从冷凝器18循环到中央空腔12内以及汽化的冷却剂K'从该空腔流回冷凝室,在由冷凝室18、管道22和空腔12构成的管状管道系统内进行,所以可以说是一种冷却剂K、K'应用热虹吸效应循环的单管系统。

[0054] 此外在图1中还表示,当电机2在船舶或海上设备上使用时发生偏斜,在这种情况下旋转轴线A相对于水平线H倾斜一个若干度的角度 δ 。此时虽然冷却剂依然在冷凝室18内进行冷凝;但是冷却剂不再能到达中央空腔12,因此管道20逐渐流满液态冷却剂K。于是,当管道系统的冷却剂充填量比较少时,转子内腔或空腔12可能变干燥,并因而不被冷却。即使管道系统有较大充填量,但经过一定的时间后,在管道20内的液态冷却剂K朝汽化室12方向的流动仍然被堵塞。在这种情况下同样不再能保证可靠地冷却转子或其超导绕组。

[0055] 因此按现有技术规定,在这种状态下应短时间将冷凝器一侧的气体压力提高到,可借此将冷却剂液体(在存在倾斜角 δ 时)克服重力从管道20压入中央空腔12内。按现有技术,这种压力升高借助热的缓冲容积PV_w和机械泵28实现。借助这些装置可以暂时提高冷凝室18内的气体压力,从而将在那里的和处于管道20中的液态冷却剂K压入中央空腔12内。因此在处于过压状态的缓冲容积PV_w与冷凝室18之间的连接管道24内设控制阀29,它开通与泵28的连接,于是泵将气体K'从缓冲容积输送到冷凝室内。阀30允许多余的气体从冷凝室18回流。

[0056] 如此造成的压力振荡可持续,亦即在短的重复的时程内(分别持续短的时间)进行,或可由控制组件27通过已知结构形式的位置传感器26控制。所述位置传感器根据电机2的倾斜角 δ 检测倾斜,并通过控制组件27启动压力容积(气体脉冲)已说明的调整。

[0057] 在图1中没有表示其他用于提供和导出气体的部件,因为这些部件是众所周知的,

例如充填阀,从充填阀出发可以通过连接管道24为系统充填气态冷却剂。图中只表示了一个当系统中产生不容许的过压时响应触发的过压阀31。

[0058] 当然,围绕冷却剂K或K'的部件或容器必须防止热传导。因此为了使它们隔热,恰当地设置真空环境,必要时还可以在相应的真空室内附加地采用隔离装置,例如绝热器或隔热泡沫。图1中用V标示被真空罐7封闭的真空。此外真空罐7还环绕着包围端侧空腔13一直延伸到密封装置21的管。用V'标示热管20以及冷凝室18和传热体17周围的真空。必要时还可以在转子5周围被外壳3围绕的内腔32中造成低压。

[0059] 在包括机械泵28和阀29、30、31(其中为了图示简化,没有表示这些部件在低温区内的配置情况)的系统中存在的缺点是,这些部件在低温时非常容易发生故障,以及在这种温度时运动部件的设计复杂和成本高昂。正是考虑到要在船上使用,但也在另一些机器类型使用时,必须长时间免维护。因此应最大程度减少机械运动的部件,因为它们一般容易产生故障。

[0060] 如图2所示,按本发明在前面已说明的电机2中采用新型冷却原理。其中取消了一些部件,如泵28和阀29、30、31,电机的其他所有部分与前面在图1中说明的电机的部分类似,因此下面不再论及。

[0061] 与图1中表示的具有一个冷头16和一个冷凝室18的设备不同,图2所示按本发明超导机器2冷却设备的实施例中,有第一、第二和第三冷凝室18、18'、18'',它们有各自配属的冷头16、16'、16''。作为替代方式,也可以存在两个或多于三个的冷凝室18和配属的冷头16,为了简化在图中没有表示这种情况。每个冷凝室18、18'、18''通过热管20、20'、20''(在下面统称连接管道20、20'、20'')与汽化室12流体连接,在图1中汽化室由中央空腔12提供。连接管道20、20'、20''设计并配置为歪斜的V或U形,也就是说,它们相对于如在图1中表示的水平线H略有倾斜,以及有一个最低点,流体可以在重力影响下聚集在这里。但连接管道20、20'、20''也可以有其他形状,在这方面重要的是,类似于U形管压力计,液体能聚集在其内部。

[0062] 冷凝室18、18'、18''和配属的连接管道20、20'、20''及汽化室12构成闭合系统,亦即对外流体密封的内腔。所述内腔充填冷却剂K、K',下文将其称为冷却流体。冷却流体可以以液态K和/或气态K'存在,亦即作为液态冷却流体K和/或气态冷却流体K'。

[0063] 在电机工作时,此时转子5的超导绕组10如前面已在图1中说明的那样冷却到低温 T_k 或低温 T_k 以下,汽化室12部分充填液态冷却流体K。冷却流体K汽化并因而从转子5排出热量或冷却转子5的超导绕组10。在图2中,表示按本发明的超导机器2冷却设备处于第一时刻。在这一时刻,汽化的气态冷却流体K'从汽化室12经连接管道20'和20''引入冷凝室18'和18''。在冷凝室18'和18''内分别借助配属的冷头16'和16''存在低于冷却流体K冷凝温度的温度 T_2 和 T_3 ,由此从气态冷却流体K'提取热量并将其冷凝为液态冷却流体K。液态冷却流体K积聚在连接管道20'和20''内。

[0064] 在第一冷凝室18内,从低于冷却流体K冷凝温度的温度出发,温度 T_1 借助配属的冷头16和/或为了简化没有在图中表示的加热器提高到高于冷却流体K冷凝温度的温度 T_{1*} 。此时在第一冷凝室18内液态冷却流体汽化和/或气态冷却流体K'膨胀,也就是说,在第一冷凝室18内的压力 p_1 提高到一个值,它大于汽化室12内的压力 p_v 以及在另外两个汽化室18'和18''内的压力 p_2 和 p_3 。由此,当压力大于冷却流体K的重力时,将处于连接管道20中的液态冷却流体K克服重力的作用压入汽化室12内。冷却流体K从冷凝室18和连接管道20压入汽化室

12。

[0065] 所述效果附加地通过冷凝室18'和18''内的负压 p_2 和 p_3 增强,所述负压通过在冷凝室18'和18''内冷却和冷凝,使气态冷却流体K'的容积减少形成。这种负压将气态冷却流体K'从汽化室12抽吸到连接管道20'和20''内并因而降低在汽化室12中的压力 p_v 。因此增大第一冷凝室18与汽化室12之间的压差 $\Delta p(p_1-p_v)$,以及附加地为了压力平衡,液态冷却流体K从连接管道20运动到汽化室12内。

[0066] 上面叙述的过程尤其当液态冷却流体K完全或至少几乎完全从连接管道20运动到汽化室12中时结束。为保证连续冷却或液态冷却流体K连续、近似连续或脉冲式地流入汽化室12内,可借助冷头16、16'、16''及时进行冷凝室18、18'、18''内温度 T_1 、 T_2 、 T_3 的交换。在这里,冷凝室18可以借助冷头16冷却到温度低于冷却流体的冷凝温度,此时,例如冷凝室18和18''有相同的温度。冷凝室18'可以借助冷头16',或借助为了简化图中没有表示的加热器,加热到高于冷却流体的冷凝温度的温度。其结果是,在本阶段说明的第二时刻,促使冷凝室18'起如同在第一时刻冷凝室18所起的作用,以及在第二时刻冷凝室18和18''起如同在第一时刻冷凝室18'、18''所起的作用。在冷凝室18'内通过提高温度形成过压,以及液态冷却流体K从连接管道20'运动到汽化室12内。因为这种情况类似于图2中表示的状况,只是在冷凝室18、18'、18''之间交换作用角色(温度、压力和流体流动),所以为了简化在图中没有表示第二时刻的状况或过程。

[0067] 在第三时刻冷凝室18、18'、18''的作用角色同样可以交换,此时,冷凝室18''可借助冷头16''置于比冷却流体K的冷凝温度高的温度。与此同时冷凝室18、18'可例如有相同的温度,这一温度低于冷却流体K'的冷凝温度。冷凝室18''可借助冷头16'',或借助为了简化图中没有表示的加热器,加热到高于冷却流体的冷凝温度的温度。其结果是,在第三时刻促使冷凝室18''起如同在第一时刻冷凝室18所起的作用,以及在第三时刻冷凝室18和18'起如同在第一时刻冷凝室18'、18''所起的作用。在冷凝室18''内通过提高温度形成过压,以及液态冷却流体K从连接管道20''运动到汽化室12内。因为这种情况类似于图2中表示的状况,只是在冷凝室18、18'、18''之间交换作用角色(温度、压力和流体流动),所以为了简化在图中没有表示第三时刻的状况或过程。

[0068] 在第四时刻可以重新形成第一时刻的状况。因此,按固定的时间周期或按不同的时间,通过有规律地交换冷凝室18、18'、18''的作用角色,可以保证冷却超导机器2的设备连续、近似连续或脉冲式工作。

[0069] 冷凝室18、18'、18''的作用角色交换也可以按其他任意顺序进行,此时基本原理不变。由此,即使当例如在船舶中使用电机2发生倾斜时,仍能保证可靠的冷却作业。

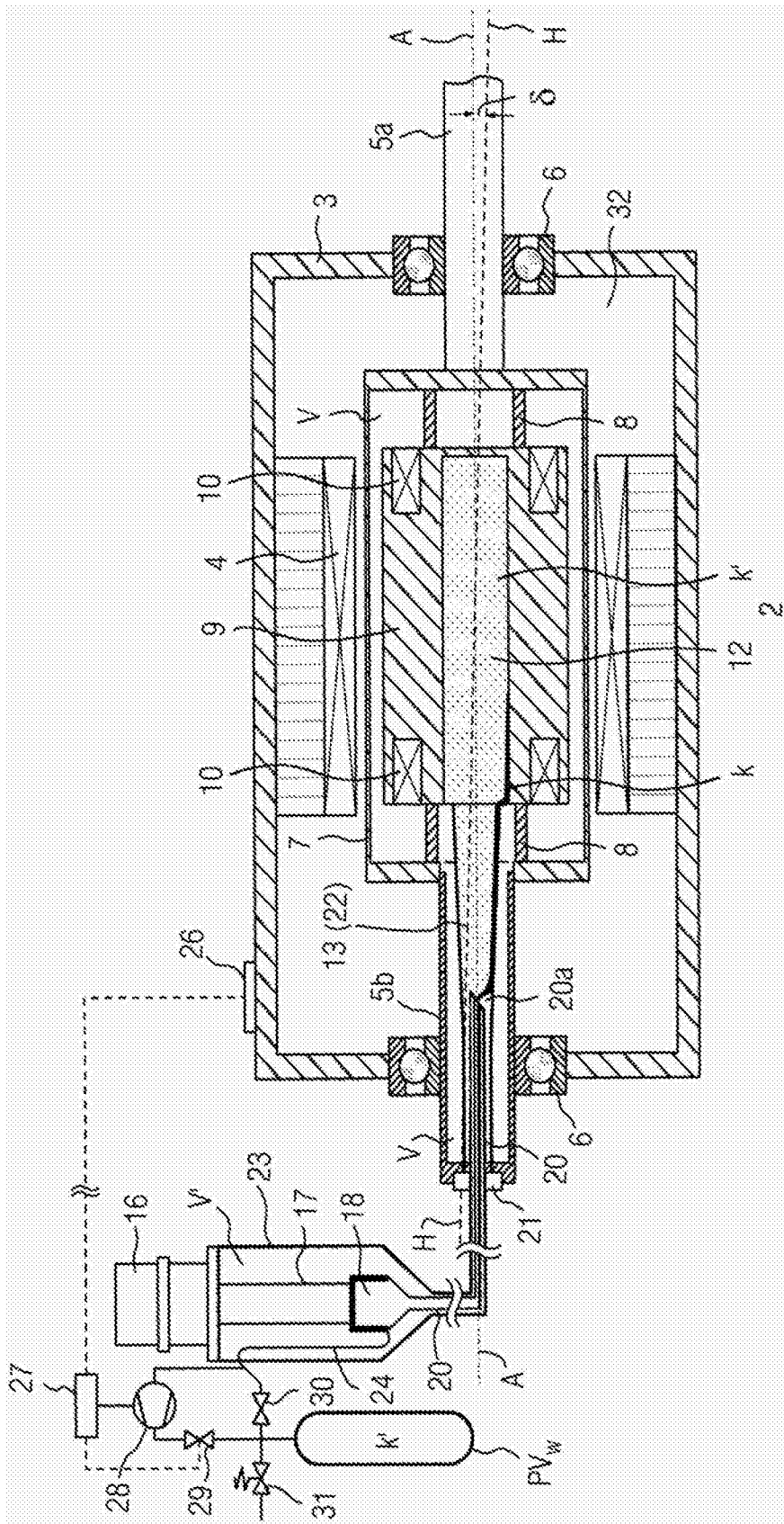


图1

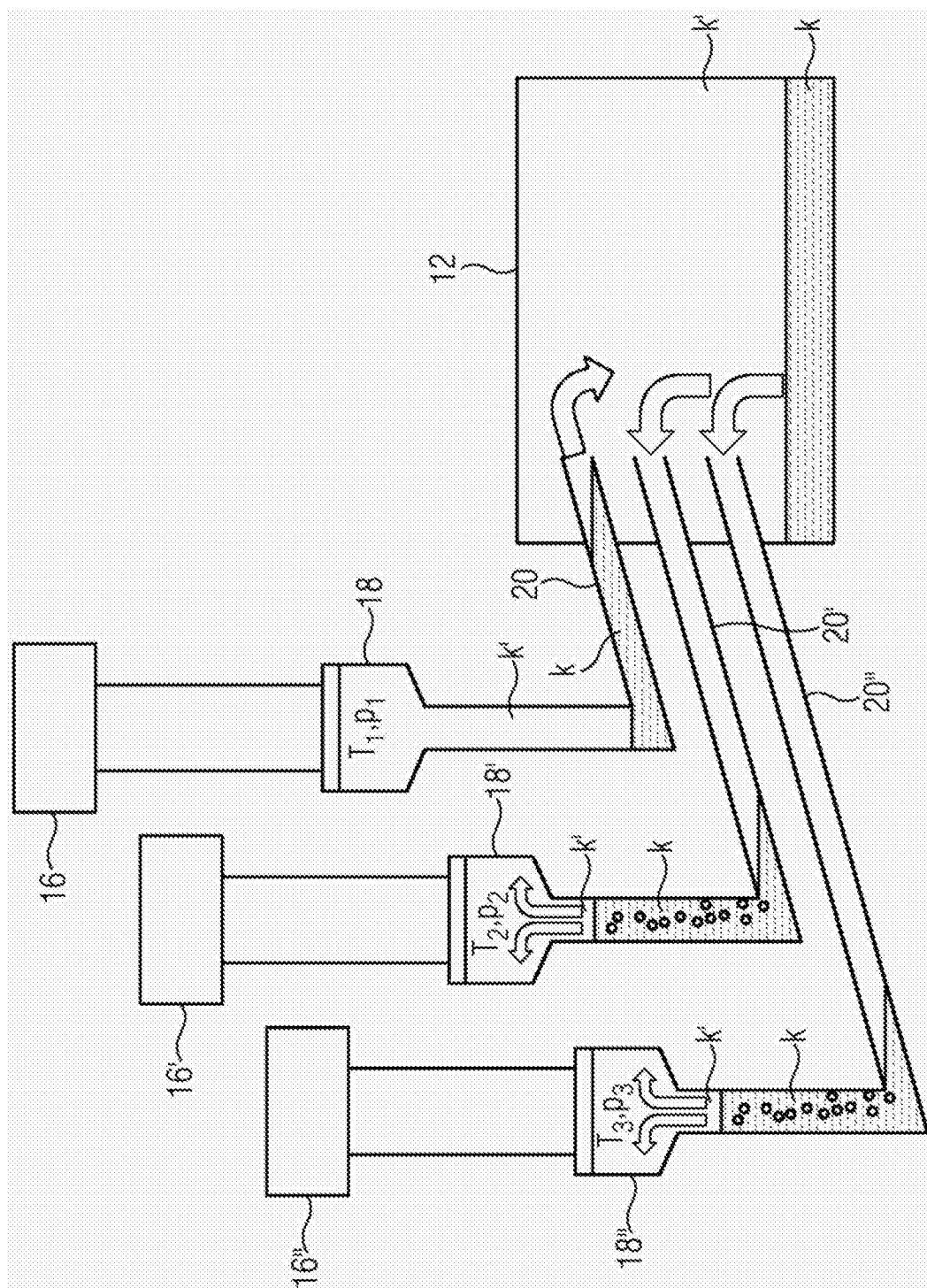


图2