



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102112761 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 200980130658.1
 (22) 申请日 2009.07.10
 (30) 优先权数据
 102008036702.8 2008.08.01 DE
 (85) PCT申请进入国家阶段日
 2011.01.31
 (86) PCT申请的申请数据
 PCT/EP2009/005003 2009.07.10
 (87) PCT申请的公布数据
 W02010/012366 DE 2010.02.04
 (73) 专利权人 蒂森克虏伯快速运输有限公司
 地址 德国卡塞尔
 专利权人 罗兹埃德公司
 (72) 发明人 郑清华 L·米勒
 (74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
 利商标事务所 11038
 代理人 谢志刚

(51) Int. Cl.
F16C 32/04 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 101218445 A, 2008.07.09,
 CN 101115930 A, 2008.01.30,
 FR 2892780 A1, 2007.05.04,
 DE 102006062420 A1, 2007.12.27,
 US 3860300 A, 1975.01.14,
 JP 特开平 8-189527 A, 1996.07.23,
 JP 特开平 9-126236 A, 1997.05.13,
 GB 2239295 A, 1991.06.26,

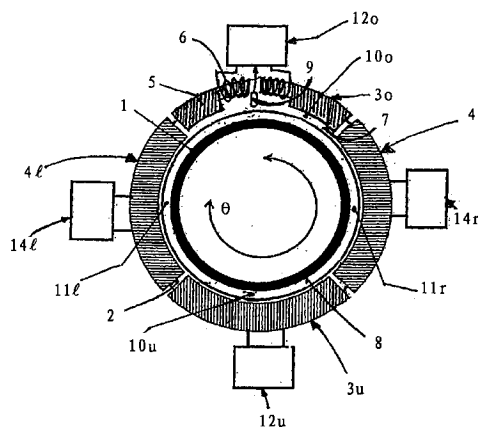
审查员 刘然

权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称
 磁性轴承及其运行方法

(57) 摘要

本发明涉及一种磁性轴承以及用于运行该磁性轴承的方法。所述磁性轴承包括一个铁磁性的、能运动地支承的轴承体 (1) 和至少两个设置在轴承体 (1) 的彼此相对的侧面上的并设有绕组 (6) 的磁体结构 (3o、3u)，其中在磁性轴承运行期间，引导电流通过绕组 (6) 并这样调节所述电流，即，使得在一平衡状态下在轴承体 (1) 和两个磁体结构 (3o、3u) 之间形成具有预选的尺寸 (So、Su) 的支承间隙 (10o、10u)。根据本发明，测量在运行期间在各磁体结构 (3o、3u) 中出现的温度，并这样进行电流的调节，使得在平衡状态下与载荷情况无关地在磁体结构 (3o、3u) 或其绕组 (6) 中出现相同的温度 (图 1)。



1. 运行磁性轴承的方法,所述磁性轴承包括一个铁磁性的、能运动地支承的轴承体(1)和至少两个设置在轴承体(1)的彼此相对的侧面上的并设有绕组(6)的磁体结构(3o、3u),其中,在磁性轴承运行期间,引导电流通过绕组(6)并这样调节所述电流,即,使得在一平衡状态下在轴承体(1)和两个磁体结构(3o、3u)之间形成具有预选的尺寸 S_o 、 S_u 的支承间隙(10o、10u),其特征在于,测量在运行期间在各磁体结构(3o、3u)中产生的温度,并这样对电流进行调节,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中出现相同的温度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对于轴承体(1)在运行期间在两个磁体结构(3o、3u)的方向上在标称条件下运行的情况,引导这样的电流通过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),使得既得到相同尺寸的支承间隙(10o、10u),也在两个磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中得到相同温度,由此对于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的调节按规则 $S_o - S_u = 0$ 进行。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,对于轴承体(1)在运行期间在两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载的情况,转换到按规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 的、对于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的调节,以便建立一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),即,使得它们的温度相同,而支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 彼此相差数值 a 。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,当存在多于两个磁体结构(3o、3u、4l、4r)时,这些磁体结构构成多个由设置在轴承体(1)的彼此相对的侧面上的磁体结构(3o、3u或4l、4r)组成的对,在磁性轴承运行期间,引导电流通过绕组(6)并这样调节所述电流,即,使得在一平衡状态下在轴承体(1)和磁体结构(3o、3u或4l、4r)对之间形成具有预选的尺寸 S_o 、 S_u 的支承间隙(10o、10u),测量在运行期间在各磁体结构(3o、3u)中产生的温度,并这样对电流进行调节,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中出现相同的温度。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,对于轴承体(1)在运行期间在各磁体结构对的两个磁体结构(3o、3u)的方向上在标称条件下运行的情况,引导这样的电流通过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),使得既得到相同尺寸的支承间隙(10o、10u),也在两个磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中得到相同温度,由此对于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的调节按规则 $S_o - S_u = 0$ 进行。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,对于轴承体(1)在运行期间在各磁体结构对的两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载的情况,转换到按规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 的、对于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的调节,以便建立一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),即,使得它们的温度相同,而支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 彼此相差数值 a 。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,通过所有磁体结构(3o、3u、4l、4r)的对的绕组(6)的电流在不改变相应的调节规则的情况下这样来调节,即,使得所有磁体结构(3o、3u、4l、4r)或其绕组(6)具有相同的平均温度。

8. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,磁体结构(3o、3u、4l、4r)中的温度通过检测磁体结构的绕组(6)的电阻来确定。

9. 磁性轴承,该磁性轴承具有一个铁磁性的、能运动地支承的轴承体(1)和至少两个设置在轴承体(1)的彼此相对的侧面上的并设有绕组(6)的磁体结构(6o、6u),并具有分别与绕组(6)相连的调节单元(12o、12u),用于这样调节流过绕组(6)的电流,使得在运行中出现带有具有预选的尺寸 S_o 、 S_u 的支承间隙(10o、10u)的平衡状态,其特征在于,调节单元(12o、12u)具有用于检测磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)的运行温度的元件,并设定成对电流进行这样的调节,即,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在各磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中出现相同的温度。

10. 根据权利要求9所述的磁性轴承,其特征在于,当轴承体(1)在运行期间在两个磁体结构(3o、3u)的方向上在标称条件下运行时,调节单元(12o、12u)按用于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的规则 $S_o - S_u = 0$ 工作。

11. 根据权利要求9或10所述的磁性轴承,其特征在于,当轴承体(1)在运行期间在两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载时,调节单元(12o、12u)按用于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 并且这样地工作,即,获得一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),即,使得它们的温度相同,而支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 彼此相差数值 a 。

12. 根据权利要求9或10所述的磁性轴承,其特征在于,调节单元(12o、12u)对于两个磁体结构(3o、3u)中的每个磁体结构具有至少各一个间隙传感器(9o、9u)和与所述间隙传感器相连的调节器(15o、15u),分别向所述调节器提供用于调节间隙尺寸 S_o 、 S_u 的额定值。

13. 根据权利要求12所述的磁性轴承,其特征在于,各所述调节单元(12o、12u)与一温度调节回路(19)相连,所述温度调节回路具有与用于温度检测的元件相连的输入端和输出额定值的输出端。

14. 根据权利要求13所述的磁性轴承,其特征在于,当两个磁体结构(3o、3u)具有相同的运行温度时,在温度调节回路(19)的各输出端上按照规则 $S_o - S_u = a$ 出现额定值,并且当两个磁体结构(3o、3u)具有不同的运行温度时,在温度调节回路的各输出端上根据规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 出现额定值。

15. 根据权利要求9或10所述的磁性轴承,其特征在于,所述磁性轴承包括多于两个磁体结构和与磁体结构相连的另外的调节单元(14l、14r),这些磁体结构构成多个由设置在轴承体(1)的彼此相对的侧面上的磁体结构(3o、3u或4l、4r)组成的对,所述另外的调节单元与调节单元(12o、12u)相同地设定并能运行,使得对电流进行这样的调节,即,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在各磁体结构(3o、3u)或其绕组(6)中出现相同的温度。

16. 根据权利要求15所述的磁性轴承,其特征在于,当轴承体(1)在运行期间在各磁体结构对的两个磁体结构(3o、3u)的方向上在标称条件下运行时,调节单元(12o、12u)按用于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的规则 $S_o - S_u = 0$ 工作。

17. 根据权利要求15所述的磁性轴承,其特征在于,当轴承体(1)在运行期间在各磁体结构对的两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载时,调节单元(12o、12u)按用于支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 的规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 并且这样地工作,即,获得一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构(3o、3u)的绕组(6),即,使得它们的温度相同,而支承间隙(10o、10u)的尺寸 S_o 、 S_u 彼此相差数值 a 。

18. 根据权利要求15所述的磁性轴承,其特征在于,调节单元(12o、12u)对于各磁体结构对的两个磁体结构(3o、3u)中的每个磁体结构具有至少各一个间隙传感器(9o、9u)和与所述间隙传感器相连的调节器(15o、15u),分别向所述调节器提供用于调节间隙尺寸 S_o 、 S_u 的额定值。

19. 根据权利要求18所述的磁性轴承,其特征在于,各所述调节单元(12o、12u)与一温度调节回路(19)相连,所述温度调节回路具有与用于温度检测的元件相连的输入端和输出额定值的输出端。

20. 根据权利要求19所述的磁性轴承,其特征在于,当一个磁体结构对的两个磁体结构(3o、3u)具有相同的运行温度时,在温度调节回路(19)的各输出端上按照规则 $S_o-S_u = a$ 出现额定值,并且当各磁体结构对的两个磁体结构(3o、3u)具有不同的运行温度时,在温度调节回路的各输出端上根据规则 $S_o-S_u = a$ 其中 $a < 0$ 出现额定值。

21. 根据权利要求15所述的磁性轴承,其特征在于,调节单元(12o、12u;14l,14r)设定成,使得在不改变相应的调节规则的情况下这样来调节通过所有磁体结构(3o、3u;4l、4r)的绕组(6)的电流,即,使得所有磁体结构(3o、3u;4l、4r)具有相同的平均温度。

22. 根据权利要求9或10所述的磁性轴承,其特征在于,运行温度的检测通过磁体结构(3o、3u;4l、4r)的绕组(6)的电阻来进行。

23. 根据权利要求9或10所述的磁性轴承,其特征在于,轴承体(1)是圆柱形的轴承圈并且磁体结构(3o、3u;4l、4r)设置在轴承圈的圆周上。

磁性轴承及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于运行磁性轴承的方法以及一种磁性轴承。

背景技术

[0002] 上述类型的能构造成径向轴承或轴向轴承的磁性轴承以及其运行方法以大量的变型已知(例如 Roland Steffen 的“Magnetlager, Prinzip und Berechnungsgrundlagen”, 2004, <http://www.rolandsteffen.de>)。

[0003] 这种类型的径向轴承主要用于借助于安装在径向轴承上的圆形轴承圈形式的轴承体无接触地径向支承旋转体。这些轴承的特征在于,它们无磨损地工作并且不需要润滑剂。优选的应用领域因此是真空技术和医药技术。例如已知磁性支承的用于心脏外科手术的心泵。但此外这种磁性轴承例如也可以用于工具机、风力发电设备或医用扫描仪。

[0004] 轴承圈的无接触的支承这样来实现,即,持续地通过传感器检测所述轴承圈与由轴承圈承载的、在其周向上分布设置的、构造成电磁体的磁体结构的径向距离,将所获得的实际值与距离额定值相比较,将得到的差值输入给一调节回路并利用该调节回路这样调节进入磁体结构的绕组中的电流,使得距离实际值基本上保持恒定并具有预选的大小。

[0005] 磁性轴承以类似的方式构造成轴向轴承的形式。在这种情况下,例如套装置在轴上的轴承体设置在至少两个轴向隔开距离的磁体结构之间,以便通过调节由此得到的支承间隙的尺寸确定轴的轴向位置。

[0006] 所述的磁性轴承的共同的特征在于,这些磁性轴承都需要高的运行精度,以便例如使得可以利用医用扫描仪实现清晰的、可再现的图像。目前为止,这种运行特性主要这样来控制,即,制造具有高精度的轴承体并试图在运行期间借助于调节使位于轴承体的彼此相对的侧面的支承间隙保持尽可能相同的大小。这些要求与涉及径向轴承或轴向轴承还是其组合无关。

[0007] 但在这种磁性轴承的运行中已经证实,在磁体结构或其绕组中产生的温度会产生不可忽视的作用,特别是当所述轴承是具有轴承圈的大型轴承时,这种大型轴承的直径例如为 500mm,特别是为 1000mm 或更多,例如为了在医用扫描仪中应用的磁性轴承所希望的那样。如果这种轴承应均匀地受载并且支承间隙总体上特别是在轴承体的彼此相对的侧面上应大小相同,则磁体结构具有基本上相同的耗电和由此也基本上相同的温度。但由于例如在工具机中出现单侧的压力升高,在风力发电设备中风强波动或在扫描仪中由于倾斜位置、重量偏移等平衡状态发生改变,则磁性轴承会不均匀地受载,在这种情况下,则由于这样规则,即,彼此相对的支承间隙应保持相同的大小,必然导致,彼此相对的磁体结构必须以不同的电流运行,以便符合上述规则。由此特别是在具有大尺寸的磁性轴承中得到相应地不同的、由于电功率损失在绕组中造成的、局部的温度波动,这种温度波动导致轴承体或磁体结构的不同的热膨胀,并由此强烈地妨碍精确的间隙调节,甚至使这种间隙调节不可能进行。

发明内容

[0008] 由此出发,本发明的技术问题在于,这样设计开头所述的磁性轴承和用于这种磁性轴承的运行的方法,使得在所有运行条件下都能得到基本上均匀的温度分布。

[0009] 所述技术问题通过一种运行磁性轴承的方法来解决,所述磁性轴承包括一个铁磁性的、能运动地支承的轴承体和至少两个设置在轴承体的彼此相对的侧面上的并设有绕组的磁体结构,其中,在磁性轴承运行期间,引导电流通过绕组并这样调节所述电流,即,使得在一平衡状态下在轴承体和两个磁体结构之间形成具有预选的尺寸的支承间隙,其中,测量在运行期间在各磁体结构中产生的温度,并这样对电流进行调节,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在磁体结构或其绕组中出现相同的温度。

[0010] 对于轴承体在运行期间在两个磁体结构的方向上在标称条件下运行的情况,引导这样的电流通过两个磁体结构的绕组,使得既得到相同尺寸的支承间隙,也在两个磁体结构或其绕组中得到相同温度,由此对于支承间隙的尺寸的调节按规则 $S_o - S_u = 0$ 进行。

[0011] 对于轴承体在运行期间在两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载的情况,转换到按规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 的、对于支承间隙的尺寸的调节,以便建立一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构的绕组,即,使得它们的温度相同,而支承间隙的尺寸彼此相差数值 a 。

[0012] 当存在多于两个磁体结构时,这些磁体结构构成多个由设置在轴承体的彼此相对的侧面上的磁体结构组成的对,对所有这些对的调节根据上面的方式中的至少一种进行。

[0013] 通过所有磁体结构的对的绕组的电流在不改变相应的调节规则的情况下这样来调节,即,使得所有磁体结构或其绕组具有相同的平均温度。

[0014] 磁体结构中的温度通过检测磁体结构的绕组的电阻来确定。

[0015] 所述技术问题还通过一种磁性轴承来实现,该磁性轴承具有一个铁磁性的、能运动地支承的轴承体和至少两个设置在轴承体的彼此相对的侧面上的并设有绕组的磁体结构,并具有分别与绕组相连的调节单元,用于这样调节流过绕组的电流,使得在运行中出现带有具有预选的尺寸的支承间隙的平衡状态,其特征在于,调节单元具有用于检测磁体结构或其绕组的运行温度的元件,并设定成对电流进行这样的调节,即,使得在平衡状态下与载荷情况无关地在各磁体结构或其绕组中出现相同的温度。

[0016] 当轴承体在运行期间在两个磁体结构的方向上在标称条件下运行时,调节单元按用于支承间隙的尺寸的规则 $S_o - S_u = 0$ 工作。

[0017] 当轴承体在运行期间在两个磁体结构之一的方向上比在标称条件下更强地受载时,调节单元按用于支承间隙的尺寸的规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 并且这样地工作,即,获得一平衡状态,在该平衡状态下,这样的电流流过两个磁体结构的绕组,即,使得它们的温度相同,而支承间隙的尺寸彼此相差数值 a 。

[0018] 调节单元对于两个磁体结构中的每个磁体结构具有至少各一个间隙传感器和与所述间隙传感器相连的调节器,分别向所述调节器提供用于调节间隙尺寸的额定值。

[0019] 各所述调节单元与一温度调节回路相连,所述温度调节回路具有与用于温度检测的元件相连的输入端和输出额定值的输出端。

[0020] 当两个磁体结构具有相同的运行温度时,在温度调节回路的各输出端上按照规则 $S_o - S_u = a$ 出现额定值,并且当两个磁体结构具有不同的运行温度时,在温度调节回路的各

输出端上根据规则 $S_o - S_u = a$ 其中 $a < 0$ 出现额定值。

[0021] 所述磁性轴承包括多于两个磁体结构和与磁体结构相连的另外的调节单元,这些磁体结构构成多个由设置在轴承体的彼此相对的侧面上的磁体结构组成的对,所述另外的调节单元与调节单元相同地按上面所述地设定并能运行。

[0022] 调节单元设定成,使得在不改变相应的调节规则的情况下这样来调节通过所有磁体结构的对的绕组的电流,即,使得所有磁体结构具有相同的平均温度。

[0023] 运行温度的检测通过磁体结构的绕组的电阻来进行。

[0024] 轴承体是圆柱形的轴承圈并且磁体结构设置在轴承圈的圆周上。

[0025] 本发明基于这样的构思,对流过磁体结构的绕组的电流的调节首先这样来进行,即,即使当磁性轴承的机械载荷变化时,也给彼此相对的磁体结构的绕组供应基本上这样的电流,即,使得避免出现不同的温度。这里要忍受的是,由此轴承体的彼此相对的各侧面上的支承间隙可能发生微小的变化。但由于电动的间隙调节以非常小的时间常量工作,而可能的温度变化只是缓慢地起作用,彼此相对的支承间隙的尺寸也只是逐渐地改变,这对于多数应用场合是可以容忍的。此外还得到这样的优点,即,即使当出于任何原因轴承体或磁体结构由于外部的温度变化分布而不同地升温时,上述情况同样适用。

附图说明

[0026] 下面结合附图来详细说明本发明。其中:

[0027] 图 1 以径向轴承为例示意性示出一磁性轴承;以及

[0028] 图 2 示出根据本发明的用于图 1 的磁性轴承的调节装置。

具体实施方式

[0029] 图 1 示意性示出一磁性轴承,该磁性轴承具有构造成内圈和转动件的、沿双箭头 θ 能旋转的第一轴承体 1 和构造成外圈和静止件的第二轴承体 2。轴承体 2 在该实施例中设有四个磁体结构 3o、3u、4l 和 4r,其中字母“o”、“u”、“l”和“r”在本申请的使用中分别表示“上”、“下”、“左”和“右”的含义。一方面是磁体结构 3o、3u,而另一方面是磁体结构 4l 和 4r 分别设置在轴承体 1 的彼此相对的侧面上,从而它们形成两对彼此沿直径方向相对置的磁体结构。此外,如图 1 示意性地仅针对磁体结构 3o 示出的那样,每个磁体结构 3 和 4 具有一个缠绕在一芯部 5 上的绕组 6。各芯部 5 的磁极面 7 配设于轴承体 1 的圆周面或径向面 8 并能够如常见的情况那样具有与圆周面或径向面的轮廓相匹配的凹入的形状。磁体结构 3o、3u、4l 和 4r 的构造优选是相同的,因此只对磁体结构 3o 进行详细说明。

[0030] 轴承体 1 由铁磁性材料组成并通过磁体结构 3、4 按已知的方式径向对中和引导。此外,轴承体 1 例如可以固定在、特别是热收缩安装在一由非铁磁性材料支承的盘的周边上,和 / 或固定在需要支承的旋转体上。优选在转动件的两个轴向端部上分别安装一个这种构成径向轴承的轴承体 1,而例如在转动件的中间部分设置另一个没有示出的轴承体,该轴承体用作轴向轴承并以其端面或轴向面的环绕的边缘部段与其他的磁体结构相对置。同样没有示出的是驱动装置,通过该驱动装置将转动件以及由此还有轴承体 1 置于旋转。为此通常采用本领域技术人员已知的机构。

[0031] 如图 1 进一步示出的那样,每个磁体结构 3、4 配设一优选感应式的传感器 9,所述

传感器测量支承间隙或气隙的尺寸或厚度的实际值,所述支承间隙或气隙在磁性轴承的运行中,就是说在轴承体 1 旋转时,在轴承体的圆周面或径向面 8 和配属的磁体结构 3、4 的极面 7 之间形成。与磁体结构 3_o、3_u、4_l、4_r 相类似地,在图 1 中用附图标记 10_o、10_u、11_l 和 11_r 表示支承间隙。

[0032] 传感器 10 和 11 的输出信号分别输送给一个简化示出的调节单元 12_o、12_u、14_l、14_r 并在所述调节单元中与预先规定的额定值进行比较。由两个信号的差值导出一调整信号,该调整信号输送给控制通过相关绕组的电流的电流调节器。由此这样来控制绕组电流以及由此还有在传感器 9 的位置处作用在轴承体 1 上的磁力,使得支承间隙 10、11 的尺寸尽管轴承圈 1 中可能存在的几何形状上的不平衡 (Unwucht) 仍基本上具有希望的额定值。这种调节对于所有磁体结构 3、4 优选是相同的。

[0033] 这种类型的磁性轴承和其运行方法一般性地例如由前面所述的文献已知,因此为了避免重复通过引用使所述文献成为本公开的内容。

[0034] 传统的磁性轴承 (图 1) 以这样的方式运行,即,借助于调节单元 12、14 试图使支承间隙 10_o、10_u 与 11_l、11_r 精确地相等。只要轴承体 1 在运行中在标称条件下沿所有现存磁体结构 3、4 的方向基本上均匀地受载并因此只需要补偿可能的不平衡性等,则这可以这样来实现,即,所有磁体结构 3、4 的绕组 6 都借助于调节单元 12、14 供应平均相等的电流。这会导致这样的结果,所有绕组 6 和磁体结构 3、4 也具有平均相等的运行温度。当轴承体 1 在标称条件下例如由于其自重沿一个或另一个方向比沿相反的方向更强地加载时并因此将彼此相对的磁体结构 3_o、3_u 和 / 或 4_l、4_r 设计得不同时,以便在这种额定或标称条件下以基本上相同的电流得到相同尺寸的间隙,则可以实现上述效果。

[0035] 如果相反轴承体 1 沿一任意的方向比在标定条件下更强地受载,例如载荷情况相对于标称条件改变,则必须引导比通过其相对绕组 6 强的电流通过相应的绕组 6,以便补偿所述较强的载荷,这由于相应变大的损失功率导致相关绕组 6 或磁体结构 3、4 较高的升温。这由于开头所述的原因是不希望的并根据本发明通过下面说明的工作方式来避免。

[0036] 如果假设,两个彼此相对的磁体结构 3_o、3_u 形成第一对磁体结构,并且支承间隙 10_o 具有尺寸 S_o,支承间隙 10_u 相反具有尺寸 S_u。对流过这些磁体结构 3_o、3_u 的绕组 6 的电流的调节在标称条件下,即在不出现异常载荷的正常情况下按照规则 S_o-S_u = 0 来进行。在图 2 中详细示出的两个调节单元 12_o 和 12_u 就用于这个目的。

[0037] 根据图 2,调节单元 12_o 对于在图 1 上方的磁体结构 3_o 具有一个间隙传感器 9_o,该间隙传感器的描述支承间隙 10_o 的实际值的输出信号输送给调节器 15_o。该调节器的输出端与电流调节器 16_o 相连,该电流调节器提供输送给磁体结构 3_o 的绕组 6 的电流。调节器 15_o 将传感器 9_o 的实际值与通过线路 17_o 输入的额定值相比较并将由差值导出的控制信号输送给电流调节器 16_o。

[0038] 图 2 还示出,用于图 1 中下部的磁体结构 3_u 的调节单元 12_u 相对应地构成,因此该调节单元的部件具有相同附图标记,但附加地用字母“u”表示。此外,如图 2 所示,传感器 9_o 的实际值通过线路 18_o 还输送给调节器 15_u,传感器 9_u 的实际值通过线路 18_u 还输送给调节器 15_o。

[0039] 在调节器 15_o 和 15_u 中,将间隙 10_o 和 10_u 的实际值相互比较,并根据上面所述的规则 S_o-S_u = 0 将所述实际值转换成用于电流调节器 16_o、16_u 的控制信号。差值 S_o-S_u

的额定值“0”这里分别由温度调节器 19 的一个输出端确定。所述温度调节器具有两个输入端,通过线路 20o、20u 向这两个输入端输送温度的实际值,在磁性轴承进行的运行中在磁体结构 3o、3u 或其绕组 6 中得到所述实际值,并通过温度传感器 21o、21u 确定所述实际值,所述温度传感器在图 2 中示意性示出并通过线路 20o、20u 相连。温度调节器 19 将两个温度的实际值相比较,并且只要两个温度传感器 21o、21u 的实际值相等,则温度调节器在其输出端上分别输出一个为 0 的额定值。

[0040] 如果例如由于力在图 1 中所述轴承体被附加地向下拉或由于其他原因朝磁体结构 3u 的方向比朝磁体结构 3o 的方向更为强烈地受压而使载荷情况改变,就是说如果轴承体 1 在磁性轴承的运行中由标称条件 (Nominalbedingung) 出发不均匀地受到载荷,则这在所述的调节中产生这样的后果,即,自动地给磁体结构 3o 的绕组 6 供应比给磁体结构 3u 大的电流,因为现在上部的磁体结构 3o 必须向轴承体 1 上施加较大的力,以便满足条件 $S_o - S_u = 0$ 。但这会导致上面已经说明的后果,即,上部的磁体结构 3o 或其绕组 6 比下部的磁体结构 3u 或其绕组 6 更强地升温,这会导致轴承体 1 不同的并且由此是不希望的热膨胀,这种热膨胀会造成轴承体 1 不可接受的不圆度以及可能干扰调节过程。

[0041] 因此,根据本发明,对于这种情况建议,将调节装置转换调整到规则 $S_o - S_u = a$,其中有 $a < 0$ 。当由温度传感器 21o、21u 提供的温度实际值彼此相差一确定的最小值时,这种转换调整自动地进行。规则 $S_o - S_u = a$ 或 $S_o = S_u + a$,其中 $a < 0$ 意味着,应使得上部的支承间隙 10o 的尺寸 S_o 小于下部的支承间隙的尺寸 S_u 。因此,温度调节回路 19 向线路 17o、17u 输出相应的信号作为用于调节器 15o、15u 的额定值,从而各调节器现在这样控制电流调节器 16o、16u,使得出现一具有新的间隙尺寸 S_o 和 $S_u + a$ 的平衡状态。

[0042] 由于在所述情况下间隙 10o 的尺寸选择为小于间隙 10u 的尺寸,与没有这种调节的情况相比,向上部的磁体结构 3o 的绕组 6 输送略少的电流,而向下部的磁体结构 3u 的绕组 6 输送略多的电流,由此,两个磁体结构 3o、3u 在平衡状态下向轴承体 1 施加相同的力。由此可以实现,获得具有这样的电流的平衡状态,所述电流又导致在两个磁体结构 3o、3u 或其绕组 6 中具有相同的温度。换言之,数值 a 这样来选择,即,使得尽管具有不同的间隙尺寸 S_o 和 S_u ,但磁体结构 3o、3u 或其绕组 6 平均仍具有相同的温度。因此根据本发明为了有利于实现温度相等可以使间隙尺寸不必精确地相等并确保,与具体的载荷情况无关地在各磁体结构 3o、3u 或其绕组 6 中获得相同的温度。

[0043] 此外很清楚的是,上部的磁体结构 3o 的绕组 6 在达到平衡状态之前必须短时间地以较高的电流运行,以便相应于降低的间隙尺寸 S_1 向该绕组吸引轴承体 1。但这个过程非常快速地进行并对于磁体结构 3o 或其绕组 6 的温度不具有明显的影响。

[0044] 在所述的调节中在平衡状态中以及在改变的载荷情况下彼此差别较小的不同的间隙尺寸以及由此引起的、轴承体 1 在轴承体 2 中的位置偏差对于磁性轴承的运行在多数情况下是可接受的。由于电动的间隙调节总是较快速地进行(例如在 kHz 的范围内),而温度变化与此相对较为缓慢地起作用(例如在几分钟的范围内),由温度调节回路 19 规定的变化不会对由调节器 15o、15u 进行的调节过程产生明显的影响。

[0045] 如图 1 所示,如果出了具有磁体结构 3o、3u 的对以外还存在至少一个另外的具有磁体结构 4l、4r 的对,则所述磁体结构以及所属的调节单元 14l、14r 优选与上面针对磁体结构 3o、3u 和调节单元 12o、12u 所述的情况相同地构成。由此可以实现,在朝所述磁体结

构 4l、4r 之一的方向对轴承体 1 加载时,为了有利于在两个磁体结构 4l、4r 或其绕组 6 中实现相同的温度,可以放弃精确相同尺寸的支承间隙 11l、11r。

[0046] 目前为止为认为是最好的本发明的实施例设定,不仅将分别彼此相对的磁体结构 3o 和 3u 和 / 或 4l 和 4r 的温度调节到相同的值,而且使通过参与的磁体结构 3o、3u、4l 和 4r 的绕组 6 的电流调节到平均相同。如图 2 所示,这例如可以这样来实现,另一对磁体结构 4l、4r 的温度传感器 21l、21r 的温度实际值也供应给首先描述的磁体结构 3o、3u 的温度调节回路 19,并且供应给这些磁体结构 3o、3u 的绕组 6 的电流以相同的程度、即不改变调节规则 $S_o-S_u = a$ 地这样放大或缩小,使得得到与磁体结构 4l、4r 或其绕组 6 相同的温度。此外,一种简单的可能性例如在于,当由温度传感器 21o、21u 针对对 3o、3u 报告的平均温度与由温度传感器 21l、21r 针对对 4l、4r 报告的平均温度相差预选的程度时,相应地改变调节器 15o、15u 的偏压 (Vorsprung)。针对在图 2 中没有示出的用于磁体结构 4l、4r 的调节装置,可以以类似的方式处理。

[0047] 所述的调节优选利用常见的微处理器和相应的软件实现。由于这种调节和调节方法是本领域技术人员熟知的,不需要进行详细的说明。

[0048] 作为用于检测温度的元件在图 2 中示出常见的温度传感器 21o 至 21r。在这种情况下特别有利的是,替代温度传感器,间接地通过绕组 6 的电阻进行运行温度的检测。这种电阻的检测例如可以通过在一些情况下已知的绕组 6 的电流和电压值进行。此时,由已知的或事先检测到的、绕组材料的电阻的温度相关性可以确定温度。

[0049] 本发明不局限于所述的可以以简单的方式改变的实施例。在所述实施例中构造成环或圆柱体的轴承体 1 可以如图 1 中所示构造成内圈,也可以构造成外圈。此外,磁性轴承也可以不是构成为径向轴承,而是也可以构成为轴向轴承,和 / 或设有一轴承体,该轴承体以另一种方式能旋转运动地支承。此外很清楚的是,磁体结构 3o、3u、4l、4r 只构成一个实施例。实际上可以在轴承体 1 的周边上设置多于或少于四个磁体结构,和 / 或设置多于两对分别彼此相对设置的磁体结构。此外每个磁体结构都可以由沿轴承体 1 的圆周方向并排设置的芯部和绕组组成。此外可以设置更多或更少的以及以另外的形式构成和设置的传感器 9 和 21。此外所述调节单元可以不同地构成并采用另外的调节策略,以便在彼此相对的磁体结构或绕组中获得相同的温度。特别是用于所有现有的磁体结构对和所述的温度调节回路 18 的调节单元 12o、12u、14l、14r 可以组合成一个共同的调节装置。此外清楚的是,词语“相同”对于温度、电流和支承间隙不只是指一致的数值,而且也应包括基本上相同的数值。对于其轴承体可能受到明显的热膨胀的并且其上有利地应用本发明的大型轴承,彼此相对的磁体结构的温度这样彼此接近就足够了,即,使温度膨胀保持在预先选定的公差内。最后可以理解各不同的特征也可以与所述的和所示的组合不同的组合来应用。

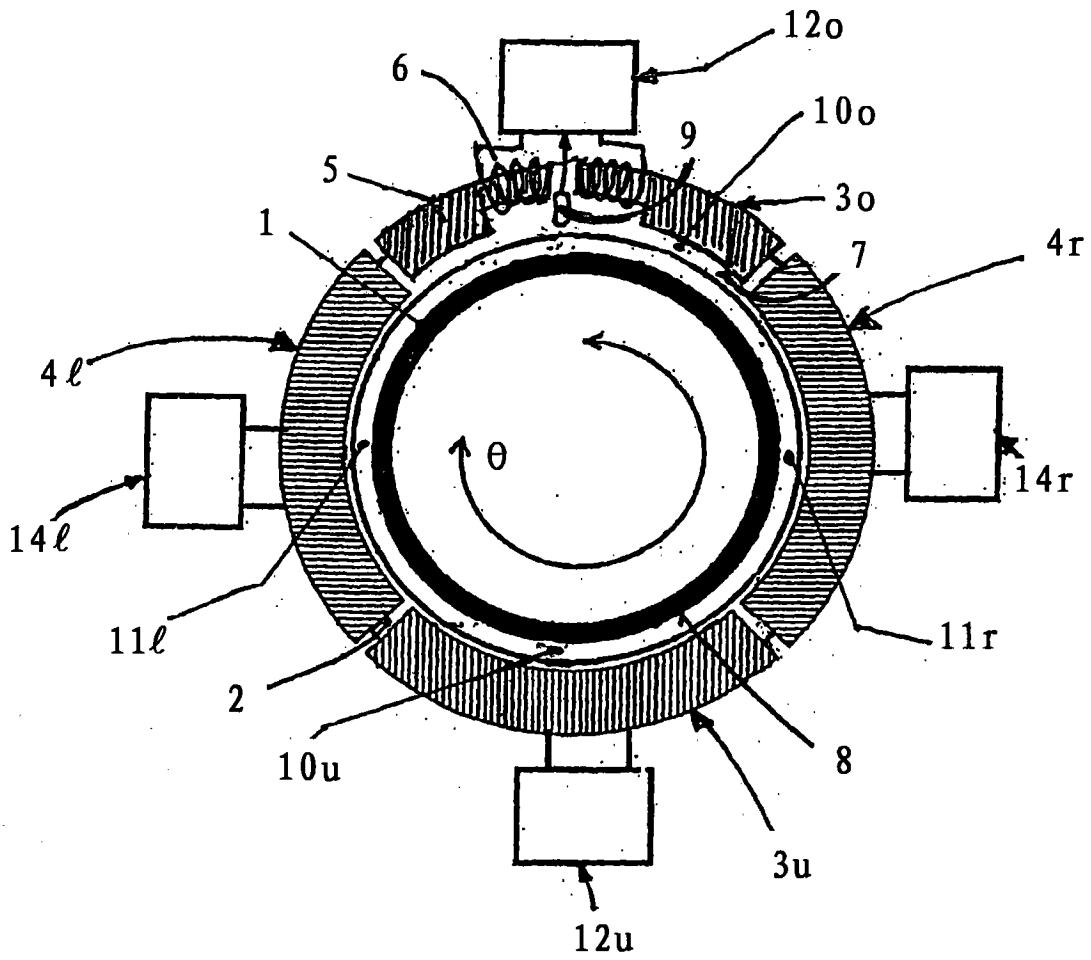


图 1

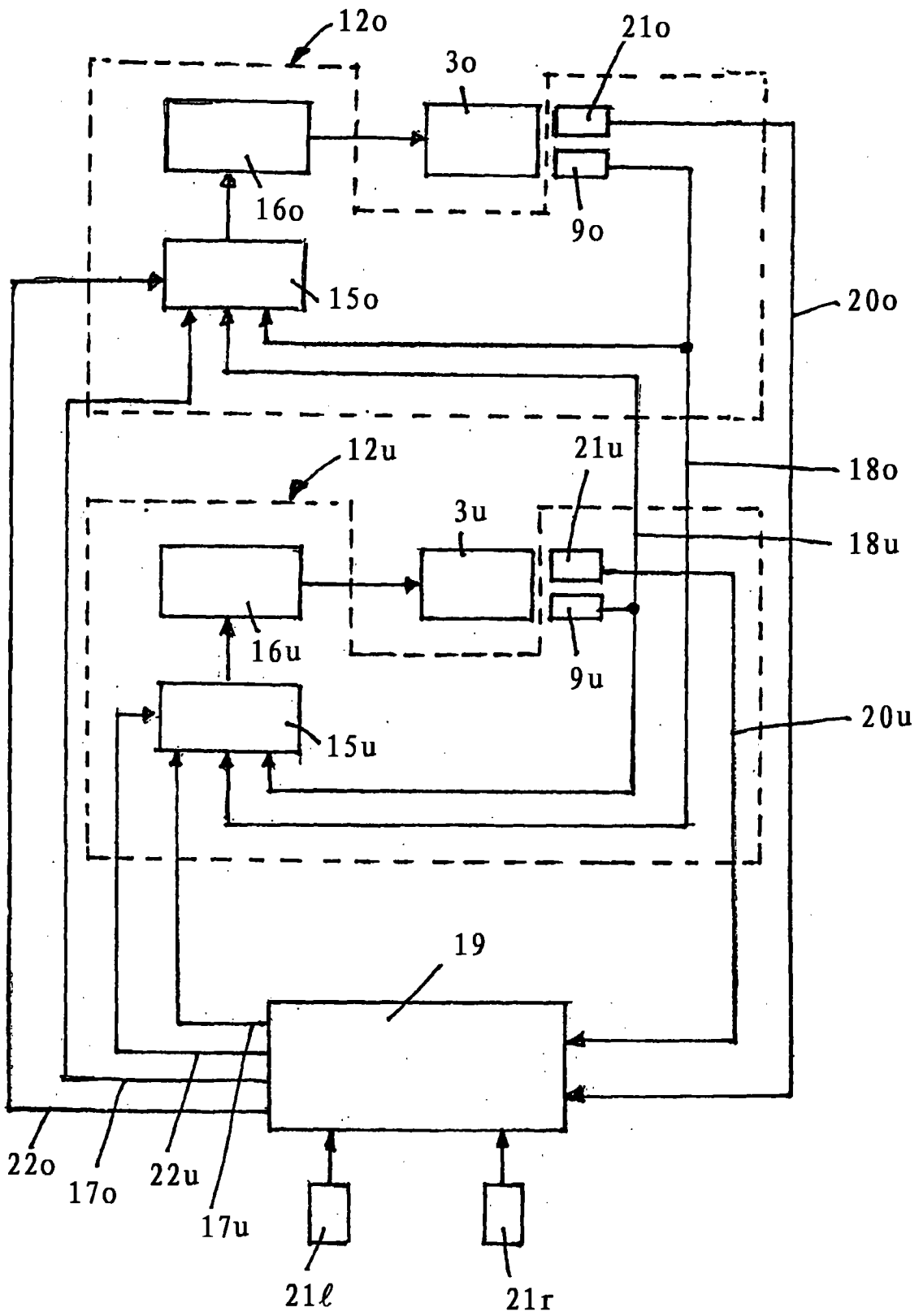


图 2