



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101218445 B

(45) 授权公告日 2010.12.22

(21) 申请号 200680023485.X

(22) 申请日 2006.06.22

(30) 优先权数据

102005030139.8 2005.06.28 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.02.04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2006/063438 2006.06.22

(87) PCT申请的公布数据

W02007/000405 DE 2007.01.04

(73) 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 冈特·里斯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 谢强

(51) Int. Cl.

F16C 32/04 (2006.01)

(56) 对比文件

US 3954310 A, 1976.05.04, 附图 1-3.

US 4268095 A, 1981.05.19, 全文.

US 3976339 A, 1976.08.24, 全文.

JP 58-137618 A, 1983.08.16, 说明书第 2 页左上, 右下栏, 附图 3.

US 3865442 A, 1975.02.11, 附图 1-4, 说明书第 2 栏第 60 行至第 5 栏第 24 行.

审查员 黄素君

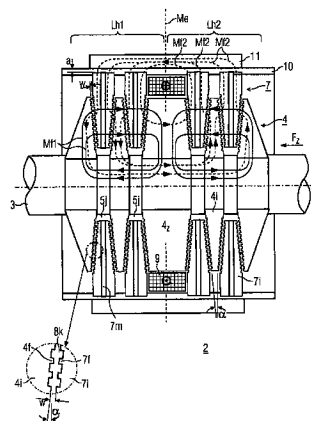
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

具有径向导引装置和轴向调整装置的用于磁力支承转子轴的装置

(57) 摘要

本发明涉及一种磁力支承装置 (12), 其含有一些沿径向互相插接的软磁性转子盘元件 (4i) 和软磁性定子盘元件 (7i)。这些元件 (4i、7i) 在它们互相面对的那一侧设有一些通过空气间隙 (8k) 相对置的齿形延伸段 (4f 或 7f)。为了径向导引, 为定子盘元件 (7i) 配设磁场产生装置 (7m), 如永久磁铁 (7m), 以用于产生在所述盘元件 (4i、7i) 之间沿轴向定向的固定磁通量 (Mf1)。为了轴向调整, 在支承装置 (2) 的中心面 (Me) 区域内附加地设电磁铁绕组 (9), 借助它可以产生一个叠加在固定磁通量 (Mf1) 上的控制磁通量 (Mf2)。



1. 一种用于将转子轴 (3) 相对于定子磁力支承的装置 (2、12), 有下列特征:
 - 第一支承部分 (4) 是所述转子轴 (3) 的组成部分以及是与定子的组成部分的第二支承部分 (7) 磁性地相互作用,
 - 第一支承部分 (4) 含有一些垂直于转子轴 (3) 的轴线 (A) 定向的且沿转子轴的轴线 (A) 方向前后排列的软磁性转子盘元件 (4i), 它们分别隔开距离形成空隙 (5j),
 - 第二支承部分 (7) 含有一些垂直于转子轴 (3) 的轴线 (A) 定向的且沿此轴线 (A) 方向前后排列、彼此隔开距离的软磁性定子盘元件 (7i), 它们分别插入相邻转子盘元件 (4i) 的空隙 (5j) 内,
 - 转子盘元件 (4i) 和定子盘元件 (7i) 在它们彼此面对的平面侧设计有一些环形的、分别通过空气间隙 (8k) 相对置的齿形延伸段 (4f 或 7f),
 - 为了径向导引转子轴 (3), 为定子盘元件 (7i) 配设产生磁场的装置, 用于产生通过空气间隙 (8k) 基本上沿轴向定向的固定磁通量 (Mf1),
 - 支承部分 (4、7) 分别相对于垂直于转子轴轴线 (A) 定向的中心面对称地分成两个轴承半部 (Lh1、Lh2),以及
 - 为了轴向调整, 在中心面 (Me) 的区域内附加地设电磁铁 (9、17) 的至少一个位置固定的绕组, 借助它可以产生一个可以叠加在固定磁通量 (Mf1) 上的控制磁通量 (Mf2), 从而使控制磁通量和固定磁通量 (Mf1) 的磁通密度在转子盘元件 (4i) 的一侧相加地叠加, 而在各相对置侧相减地叠加。
2. 按照权利要求 1 所述的磁力支承装置, 其特征为, 在所述盘元件之间的空隙 (5j) 外面, 在其沿径向的内侧或外侧, 设沿轴向延伸的软磁性材料以用于闭合磁通回路。
3. 按照权利要求 2 所述的磁力支承装置, 其特征为, 用于闭合磁通回路的软磁性材料由沿轴向延伸的外磁轭体 (11、14) 和 / 或由至少部分转子轴 (3) 提供。
4. 按照前列诸权利要求之一所述的磁力支承装置, 其特征为, 用于产生固定磁通量 (Mf1) 的磁场产生装置是永久磁性的元件 (7m)。
5. 按照权利要求 4 所述的磁力支承装置, 其特征为, 永久磁性的元件 (7m) 至少组合在一些定子盘元件 (7i) 内。
6. 按照权利要求 5 所述的磁力支承装置, 其特征为, 将定子盘元件 (7i) 分别沿轴向分成两半, 在这两半之间设永久磁性的元件 (7m)。
7. 按照权利要求 5 或 6 所述的磁力支承装置, 其特征为, 所述定子盘元件 (7i) 具有比不含永久磁性元件的转子盘元件 (4i) 大的径向尺寸。
8. 按照权利要求 1 至 3 中任一项所述的磁力支承装置, 其特征为, 用于产生固定磁通量 (Mf1) 的磁场产生装置由至少一个电磁铁绕组 (131) 构成。
9. 按照权利要求 8 所述的磁力支承装置, 其特征为, 所述至少一个用于产生固定磁通量 (Mf1) 的电磁铁绕组 (131) 相隔距离地围绕转子盘元件 (4i)。
10. 按照权利要求 1 至 3 中任一项所述的磁力支承装置, 其特征为, 至少一个用于产生控制磁通量 (Mf2) 的磁铁绕组 (9) 相隔距离地围绕在中心面 (Me) 区域内导引固定磁通量 (Mf1) 和控制磁通量 (Mf2) 的中央转子盘元件 (4z)。
11. 按照权利要求 1 至 3 中任一项所述的磁力支承装置, 其特征为, 所述至少一个用于

产生控制磁通量 (Mf2) 的磁铁绕组 (17) 相隔距离地在转子轴 (3) 附近围绕转子轴 (3)。

12. 按照权利要求 1 至 3 中任一项所述的磁力支承装置,其特征为,转子盘元件 (4i) 和定子盘元件 (7i) 互相面对的且设有齿形延伸段 (4f 或 7f) 的平面侧,相对于转子轴轴线 (A) 的垂直线倾斜地布置。

13. 按照权利要求 1 至 3 中任一项所述的磁力支承装置,其特征为,设至少一个轴向距离传感器 (25)、一个额定值传感器 (26)、一个比较电路装置 (27) 以及一个包括设在下游用于控制通过所述至少一个用于产生控制磁通量 (Mf2) 的控制磁铁绕组 (9、17) 电流的放大器的调整装置 (28)。

具有径向导引装置和轴向调整装置的用于磁力支承转子轴的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于将转子轴相对于定子磁力支承的装置,有下列特征:

[0002] a) 一个第一支承部分与转子轴连接以及被与该定子对应设置的一个第二支承部分在有间距的情况下围绕,

[0003] b) 第一支承部分含有一些垂直于转子轴轴线定向的和沿此轴线的方向前后排列的转子盘元件,它们分别隔开距离形成空隙,

[0004] c) 第二支承部分含有一些垂直于转子轴的轴线定向的和沿转子轴线的方向前后排列、彼此隔开距离的定子盘元件,它们分别插入相邻转子盘元件的其中一个空隙内,

[0005] d) 在这些元件之间形成基本上沿轴向定向的磁通。

背景技术

[0006] 例如由 DE3844563C2 可知一种相应的支承装置。

[0007] 磁力支承装置允许不接触和无磨损地支承运动构件。这些构件不需要润滑剂以及可以成为低摩擦结构。常用的(传统的)径向或轴向磁力支承装置,利用在定子的固定的电磁铁与转子体的随同旋转的铁磁性元件之间的磁力。在此类支承中磁力始终是相吸的。其结果是,原则上沿所有的三个空间方向都不能达到固有稳定地支承。因此这些磁力支承装置需要一种主动式支承调整装置,它通过位置传感器和调节回路控制电磁铁的电流以及消除转子体从其额定位置的偏离。多通道结构的调整装置需要复杂的功率电子设备。相应的磁力支承装置例如使用在涡轮分子泵组、超离心机、机床高速旋转芯轴和有旋转阳极的 X 射线管中;还已知使用在电动机、发电机、涡轮和压缩机内。

[0008] 图 1 概略表示一种相应的磁力支承装置 30 的基本结构。图中表示两个主动式径向支承 31 和 32,它们包括励磁铁 33 和 34 以及在转子轴 37 上的径向支承转子盘 35 和 36、一个主动式轴向支承 38,该轴向支承 38 包括在转子轴 37 上的轴向支承转子盘 39 和 40 以及在转子盘上的同心励磁绕组 42i、以及五个距离传感器 41a 至 41e,它们与每个径向支承的各两个侧向自由度和轴向支承的一个自由度相对应。此外在这里还需要五个配属的调节回路 r1 至 r4 或 z5。由于在这种支承装置中当支承间隙变小时吸力增大,所以这些装置从开始起就是不稳定的。因此转子轴 37 的位置必须通过由借助传感器 41a 至 41e 的距离测量装置和下游的调节器及下游给励磁铁 33 和 34 馈电的放大器组成的调节回路稳定化。因此相应的磁力支承装置相当复杂。为预防调节回路突然失效,必须附加地采用机械式止推支承。

[0009] 此外例如由 DE4436831C2 还已知一些磁力支承装置,它们有永久磁铁和高 T_c 超导材料。这种磁力支承装置是自稳定的,也就是说它们不需要调节。然而由于超导材料所要求的尤其低于 80K 的低温工作温度,所以需要隔热和通过适当的低温冷却剂或通过制冷机制冷。

[0010] 属于现有技术的还包括一些沿一个方向自稳定的支承装置,它们有磁通量、铁

的软磁性部分以及永久磁铁。在这种支承装置例如可以由 DE3409047A1 和前言提及的 DE3844563C2 得知的相应的设计中,在轴上的永久磁铁环沿轴向与铁磁轭的极排成一条直线并因而导致径向定心。在这里磁通量通过励磁线圈增强,必要时轴向不稳定的自由度通过电子调节回路稳定化。可以将多个沿轴向前后交替的具有相同轴向磁化的固定及旋转磁铁环排成一行以及满足径向支承功能。在这里还必须主动稳定轴向自由度。

[0011] 但是以上论及的所有具有永久磁铁部分的支承装置,支承力比较小以及支承刚性不够。

发明内容

[0012] 本发明要解决的技术问题是,提供一种用于不接触地支承轴的磁力支承装置,尤其用于高速旋转的机器,如涡轮压缩机,它与列举的现有技术相比不那么复杂。尤其在考虑到动态力和狭窄的间隙公差的情况下应能保证提供大的支承力和高的支承刚性。

[0013] 此技术问题通过权利要求 1 中说明的措施得以解决。据此,在按本发明的用于将转子轴相对于定子磁力支承的装置中应有下列特征:

[0014] - 第一支承部分与转子轴连接以及被对应于定子配设的第二支承部分在彼此有间距的情况下围绕,

[0015] - 第一支承部分含有一些垂直于转子轴的轴线定向的且沿转子轴的轴线方向前后排列的软磁性转子盘元件,它们分别隔开距离形成空隙,

[0016] - 第二支承部分含有一些垂直于转子轴的轴线定向的且沿此轴线方向前后排列、彼此隔开距离的软磁性定子盘元件,它们分别插入相邻转子盘元件的空隙内,

[0017] - 转子盘元件和定子盘元件在它们彼此面对的侧设计有一些环形的、分别通过空气间隙相对置的齿形延伸段,

[0018] - 为了径向导引,为定子盘元件配设产生磁场的装置,用于产生在转子盘元件与定子盘元件之间基本上沿轴向定向的固定磁通量,

[0019] - 所述支承部分分别相对于垂直于转子轴定向的中心面对称地分成两个轴承半部,

[0020] 以及

[0021] - 为了轴向调整,在中心面的区域内附加地设电磁铁的至少一个位置固定的绕组,借助它可以产生一个可以叠加在固定磁通量上的控制磁通量,从而使控制磁通量和固定磁通量的磁通密度在转子盘元件的一侧相加地叠加,而在各相对置侧相减地叠加。

[0022] 对于非调整式径向导引装置或支承装置,与现有技术相比,在按本发明的支承装置中在外部的产生磁场装置造成经过各自支承间隙的固定磁通量,并磁化由软磁性材料、尤其含铁材料制成的齿形延伸段。在这里磁通密度在各自的间隙内是不均匀的,由此在铁的表面施加力。有利地,在含铁的材料内可以实现比仅仅用永久磁性材料例如钕-铁-硼(Nd-Fe-B)制成的装置明显更强的磁化,并因而达到单位面积更大的支承力。

[0023] 按磁阻原理,本系统希望磁阻最小化以及将齿形延伸段定位为,使它们尽可能靠近地相对置。因此在平衡位置齿形延伸段准确相对置;当径向偏移时磁固定力造成一个成比例的复位力;也就是说在这种情况下不再需要径向调整装置。

[0024] 在移动齿形延伸段宽度的一半时施加最大的径向力。因为纵向分度通过延伸段的

径向宽度加上延伸段之间的空隙决定,所以支承刚度可以通过齿形延伸段的尺寸在大的范围内来选择。尤其可以通过齿形延伸段精细的结构化实现刚度很大的支承装置。在两侧有相同支承间隙的对称结构中,转子盘元件上的轴向力互相抵消。当然这种平衡沿轴向是不稳定的,必须通过附加装置,如主动调整式轴向支承构件稳定化。不过每根轴对于单个轴向支承而言只需要唯一的一个调节回路,而不是如有主动调整式径向支承的现有技术中那样需要五个。

[0025] 另一方面通过小的轴向移动可以施加一个大的稳定的轴向磁力,不需要消耗电功率,所以轴向支承还只须承受轴向负荷中的动态部分。这可以通过调整轴向支承的调整装置达到,其中将轴向支承的励磁电流的时间平均值的最小值规定作为额定值。相应的轴向调整装置按照本发明组合在支承装置内。在这里与齿形延伸段无关地垂直于铁表面附加作用相吸的力密度 $\langle B \rangle^2 / 2 \mu_0$ 。其中 $\langle B \rangle$ 是磁通密度平均值,它通常在支承间隙内在转子盘元件的两侧是相同的,从而取消了轴向力。按本发明通过在转子盘元件的一侧将 $\langle B \rangle$ 提高 ΔB 以及在另一侧相应地降低,从而来干扰所述的平衡。因此剩余一个净力密度 $\pm 2 \cdot \Delta B \cdot \langle B \rangle$,它用于期望的轴向支承调整和产生力。

[0026] 按照本发明这通过将用于一个规定的固定磁通量和用于一个可通过线圈电流影响的控制磁通量组合的磁回路达到。在支承间隙内在每个转子盘元件一侧上两个磁通密度相加地叠加,因此使力增大,或总是在另一侧相减地叠加以及使在这里的磁通密度和力降低。在这里剩余一个与控制磁通量成正比的轴向净力。

[0027] 因此按照本发明设计的磁力支承装置,其特征在于稳定的非调整式的径向导引装置和唯一的一个可以简单的方式操作的轴向调整装置。

[0028] 按照本发明的磁力支承装置的有利的扩展设计可由从权利要求 1 的那些从属权利要求得知。按权利要求 1 所述的实施方式可以与从属权利要求之一的特征或优选地也可以与多个从属权利要求的特征组合。据此,所述装置附加地还可以有下列有利的特征:

[0029] • 在盘元件之间的空隙外面,在它们沿径向的内侧和外侧,可以分别设沿轴向延伸的软磁性材料以用于闭合磁通回路。在这里尤其软磁性材料可以由轴向延伸的外磁轭体和/或由至少部分转子轴提供。通过这些软磁性材料部分可以减小磁通量回路的磁阻,由此可以达到在齿形延伸段之间相应地增大磁通密度并因而达到最佳的磁刚度。

[0030] • 有利地用于产生固定磁通量的磁场产生装置可以是永久磁性的元件,以及这些永久磁性元件可以至少组合在一些定子盘元件内。相应的支承装置可以有比较紧凑的结构。

[0031] • 在这里这些永久磁性元件有利地分别设在一个定子盘元件轴向的两个半部之间。

[0032] • 若设有永久磁性元件的定子盘元件具有比相邻的不含永久磁性元件的转子盘元件大的径向尺寸,则对于盘元件之间高的磁通密度和有效利用永久磁性的材料方面是有利的。

[0033] • 取代使用永久磁性的用于产生固定磁通量的装置,或附加地可有利地规定此磁场产生装置由至少一个电磁铁绕组构成。在这里所述至少一个用于产生固定磁通量的绕组在每个支承半部内相隔距离地分别围绕至少一些转子盘元件。

[0034] • 此外所述至少一个用于产生固定磁通量的绕组,或相隔距离地围绕一个导引固

定磁通量和控制磁通量的中央转子盘元件,或在转子轴的导引磁场的外侧不接触地围绕转子轴。

[0035] • 优选地转子盘元件和定子盘元件互相面对的并设有齿形延伸段的平面侧,相对于转子轴线的垂直线可以倾斜地布置。采用这种斜度得到这些元件楔形的纵剖面形状。在这里轴向尺寸(或盘厚)和倾斜角选择为,使所述盘元件可以处处接受磁通量,不会在盘元件内导致磁饱和。

[0036] • 为了充分保证轴向调整,必须设至少一个轴向距离传感器,必须设额定值传感器和用于控制通过所述至少一个用于产生控制磁通量的控制磁铁绕组的电流并包括放大器的调整器。

[0037] 按照本发明的磁力支承装置的其他有利的扩展设计可由上面没有论及的从属权利要求以及由附图得知。

附图说明

[0038] 下面参见其中表示本发明磁力支承装置的优选实施方式的附图进一步说明本发明。其中图 2 和图 3 分别用轴向纵剖视图各表示这种具有永久磁铁或励磁绕组作为产生磁场的装置的用于径向导引的磁力支承装置的一种具体实施方式。由图 4 可以看出包括径向导引装置和轴向调整装置的一个完整的磁力支承的基本结构。在这些图中对应的部分总是采用相同的附图标记。在图中没有表示的部分都是众所周知的。

具体实施方式

[0039] 图 2 中总体用附图标记 2 表示的磁力支承装置具有一种包括两个支承半部 Lh1 和 Lh2 的对称于中心面 Me 的结构。此装置包括一根非接触式支承的转子轴 3,它有一个随同旋转的第一支承部分 4,该支承部分 4 在每个支承半部中具有垂直于转子轴的轴线 A 定向的、固定在该转子轴上随同旋转的用软磁性材料如铁制成的转子盘元件 4i。转子盘元件 4i 沿轴向隔开距离地前后排列以构成各自的空隙 5j。在中心面 Me 的区域内,在转子轴 3 上安装一个同样用软磁性材料制成的中心转子盘元件 4z,这一元件相对于在两个支承半部内的转子盘元件 4i 而言有比较大的轴向尺寸。

[0040] 磁力支承装置 2 的位置固定的定子构成一个第二支承部分 7,它同样有一些彼此沿轴向隔开距离的环盘状定子盘元件 7i,它们相隔距离地围绕着转子轴 3。这些同样用软磁性材料制成的定子盘元件不接触地沿径向伸入到空隙 5j 内,从而在每个支承半部 Lh1、Lh2 内造成一种转子盘元件 4i 和定子盘元件 7i 轴向交替的梳状排列。转子盘元件和定子盘元件在它们互相面对的各个平面侧,制有同心地围绕的环状齿形延伸段 4f 或 7f,或设计有这种延伸段。这些齿形延伸段例如通过在相应铁盘上两个对置的平面侧内加工出环形同心的沟或槽实现。两个盘元件的齿形延伸段总是通过一个小的空气间隙 8k 相对置。

[0041] 为定子盘元件 7i 对应配设用于产生一个通过转子盘元件和定子盘元件之间的空气间隙 8k 的轴向磁通量的装置。在图中用实线表示它的磁力线并标注 Mf1。在这里,本系统试图按磁阻原理使磁阻最小化以及将齿形延伸段定位为,使它们在平衡位置准确地相对置。然而当径向偏移时,磁力造成一个成比例的复位力,也就是说不需要径向调整装置。因此,用于借助其安置在转子轴上、尤其导引磁通量的部分来径向导引或支承转子轴 3 的磁

通量也称为“径向固定磁通量”。

[0042] 按图 2 的实施例,为了产生所述固定磁通量 $Mf1$,每个定子盘元件 $7i$ 沿轴向分成两半,用永久磁性的材料如尤其用 $NbFeB$ 制成的一个沿径向延伸的层或环盘 $7m$ 处于两半之间。在这里,定子盘元件 $7i$ 有利地比它们的制成沟槽的有齿形延伸段 $7f$ 的作用面具有更大的径向尺寸。以此方式在空气间隙 $8k$ 内可以达到尤其 1 特斯拉和更大的磁通密度,以及磁性材料能在工作点,例如在使用 $NbFeB$ 的情况下在 0.5 与 0.8 特斯拉之间,造成大的能量积 $B \cdot H$ 。

[0043] 此外由图 2 还可看出,一方面转子盘元件 $4i$ 和另一方面定子盘元件 $7i$ 互相面对的制有齿形延伸段 $4f$ 和 $7f$ 的平面侧可以倾斜地排列,从而形成梯形齿的横截面形状。采用这种斜度,铁厚度可以与当地的磁通量相匹配并因而也限制了轴向支承长度。在这里相对于中心面 Me 的倾斜角 α 应选择为,尽管造成盘元件的楔形(在纵剖面内看),但在盘元件内没有任何地方出现磁饱和。按照图示的实施例,角度 α 界于约 7° 与 15° 之间,例如约为 10° 。

[0044] 为了闭合磁通量 $Mf1$ 来径向导引或支承,在支承半部 $Lh1$ 和 $Lh2$ 端侧的端部,设计单侧制有沟槽的转子盘元件 $4e$ 作为磁通导引件,它们与借助至少在其外侧用铁磁性材料制成的转子轴的铁磁性磁通回引装置一起共同使磁回路闭合。

[0045] 如上面已说明的那样,在此磁力支承装置 2 中通过由盘元件 $4i$ 和 $7i$ 的齿形延伸段 $4f$ 和 $7f$ 引起的在空气间隙 $8k$ 内磁场的不均匀度,造成对中的径向力作用和偏心的轴向力作用。与齿形延伸段无关,在支承装置中垂直于软磁性部分的表面地附加作用的相吸的力密度,其大小为 $\langle B \rangle^2 / 2 \mu_0$ 。在这里数值 $\langle B \rangle$ 表示磁通密度的平均值,它通常在空气间隙内在转子盘元件的两侧是相同的,从而取消了相应的轴向力。然而采用按本发明设计的磁力支承装置 2,通过在转子盘一侧将数值 $\langle B \rangle$ 提高一个值 ΔB 以及在相对置侧降低,干扰所述的平衡。因此剩余一个净力密度 $\pm 2 \cdot \Delta B \cdot \langle B \rangle$,它被用于轴向支承调整或与之相关的产生力。

[0046] 按本发明这通过组合用于已提及的规定的固定磁通量 $Mf1$ 和用于可通过线圈电流影响的控制磁通量 $Mf2$ 的磁回路达到。所述控制磁通量借助至少一个处于中心面 Me 的区域内电磁铁的附加控制磁铁绕组 9 引起。在这里该绕组不接触地围绕随同旋转的中央转子盘元件 $4z$ 。然后,与一个在定子盘元件 $7i$ 外侧包壳状围绕定子盘元件 $7i$ 并与之通过非磁性中间体 10 隔开的铁磁性材料制成的外磁轭体 11 相结合地,由控制磁铁绕组 9 产生一个与固定磁通量 $Mf1$ 叠加的图中用虚线表示的控制磁通量 $Mf2$,它同样借助转子轴 3 闭合。在空气间隙 $8k$ 内这两个磁通密度在每个转子盘元件 $4i$ 的一侧相加地叠加,因此增大相应的力,而在相对置侧导致这两个磁通密度相减,其结果是使力相应地减小。此时剩余一个与控制磁通量 $Mf2$ 成正比的轴向净力。因此按图 2 中举例表示的固定磁通量 $Mf1$ 和控制磁通量 $Mf2$ 的磁场方向,转子轴和固定在它上面的构件被力 F_z 向左拉。

[0047] 为防止支承磁通短路,用于控制磁通量 $Mf2$ 的外磁轭体 11 与定子盘元件 $7i$ 隔开一个距离 a ,在这里尺寸 a 通常处于空气间隙 $8k$ 的宽度 w 的 2 与 10 倍之间。

[0048] 取代在磁力支承装置 2 实施方式中令人满意地使用的永久磁性元件作为产生磁场的装置,为了产生固定磁通量 $Mf1$ 也可以同样好地采用电磁铁绕组。图 3 表示按本发明的磁力支承装置一种相应的实施方式与图 2 对应的图并总体用附图标记 12 表示。在这里,

在随同旋转的转子盘元件 4i 沿径向的外侧区域内设位置固定的电磁铁绕组 131,在这种情况下定子盘元件 7i 沿径向穿过各磁铁绕组 131 之间延伸。固定磁通量 $Mf1$ 的磁通量回路通过外磁轭体 14 闭合,定子盘元件 7i 分别直接以其沿径向的外侧贴靠在外磁轭体 14 上。在这里转子轴 3 也同样用磁性材料制成。然而,为了不影响固定磁通量 $Mf1$ 的磁通量回路经由外磁轭体 14 的闭合,各个转子盘元件 4i 通过由非磁性材料制成的径向尺寸为 a 的套筒状中间体 15,相对于转子轴 3 磁性脱耦。在这里尺寸 a 仍与图 2 所示的实施方式中一样选择。

[0049] 在按图 3 的磁力支承装置 12 的实施方式中,控制磁通量 $Mf2$ 同样由电磁铁的固定绕组 17 产生。不过控制磁铁绕组 17 在这里处于中心面 Me 的靠近转子轴的区域,以便不妨碍固定磁通量 $Mf1$ 的磁力线走向。因此在此区域内也取消了中央转子盘元件。在这里控制磁通量 $Mf2$ 在轴线附近经转子轴 3 闭合,以及在远离轴线处通过那里在中心面 Me 区域内彼此贴靠的定子盘元件 7e 和外磁轭体 14 闭合。

[0050] 磁力支承装置 2 和 12 的上述这些实施方式的出发点是,用于产生固定磁通量 $Mf1$ 的磁场产生装置,要么是永久磁性的元件 7m,要么是至少一个励磁铁的绕组 131。当然,为了产生期望的通过齿形延伸段 4f 和 7f 的轴向固定磁通量 $Mf1$,也可以将永久磁性元件与电磁铁绕组组合。

[0051] 当然,按照本发明的磁力支承装置 2 和 12 也可以这样定向,即,使得其转子轴线 A 不是处于水平方向,而是倾斜或与水平方向垂直。

[0052] 本发明的磁力支承装置结构的优点可认为是,在轴支承装置中舍弃了单独的轴向支承。径向支承功能的轴向磁场在这里促使轴向位置调整的电流-力特征线线性化。通过在调整方案中使电流值最小化可以保持低的调整功率需求。由此也相应地大大简化了对支承装置的冷却。

[0053] 一根通过一个或两个这种磁力支承装置支承的转子轴 3 可以借助轴向支承调整不接触地固定。一种相应的例如相继地配备有两个结构相同的按图 2 的磁力支承装置 2 和 2' 的磁力支承 24,按图 4 所示的调整装置方块图,含有至少一个距离传感器 25、一个额定值传感器 26、一个比较电路装置 27 以及一个包括设在下流的放大器的调整装置 28。放大器控制一个,优选地两个,磁力支承装置串联的轴向控制绕组,以及遵守轴向额定位置。与传统的磁力支承装置相反,在那里力与 B^2 成正比,而在这里力-电流特征线几乎是线性的;也就是说,在电流反向时力的方向也转向。其结果是简化了对调整装置的设计和使调整装置稳定化。

[0054] 作为轴向位置 z 的固定的额定值 z_0 ,可以例如采用在相邻定子盘元件 7i 之间转子盘元件 4i 的中间位置。然而有利地将调整扩展为另一个目标值,据此,线圈电流的时间平均值应近似为零。为此如在图 4 的电路方块图中同时表示的那样,励磁电流的积分,与比例系数相乘后作为位置额定值 z_0 ,在比较电路装置 27 内与来自距离传感器 25 的实际位置 z 比较。所得的差值作为调整误差通过包括放大器的调整装置 28 反作用在电流上。从而将转子盘元件调整为一个沿轴向移动后的非对称位置。因此在转子轴 3 上稳态的轴向负荷,基本上无功地由基于相对置的齿形延伸段 4f 与 7f 之间相互作用的轴向磁性力施加。轴向调整回路只还须平衡可随时间改变的力并保证轴向稳定性。

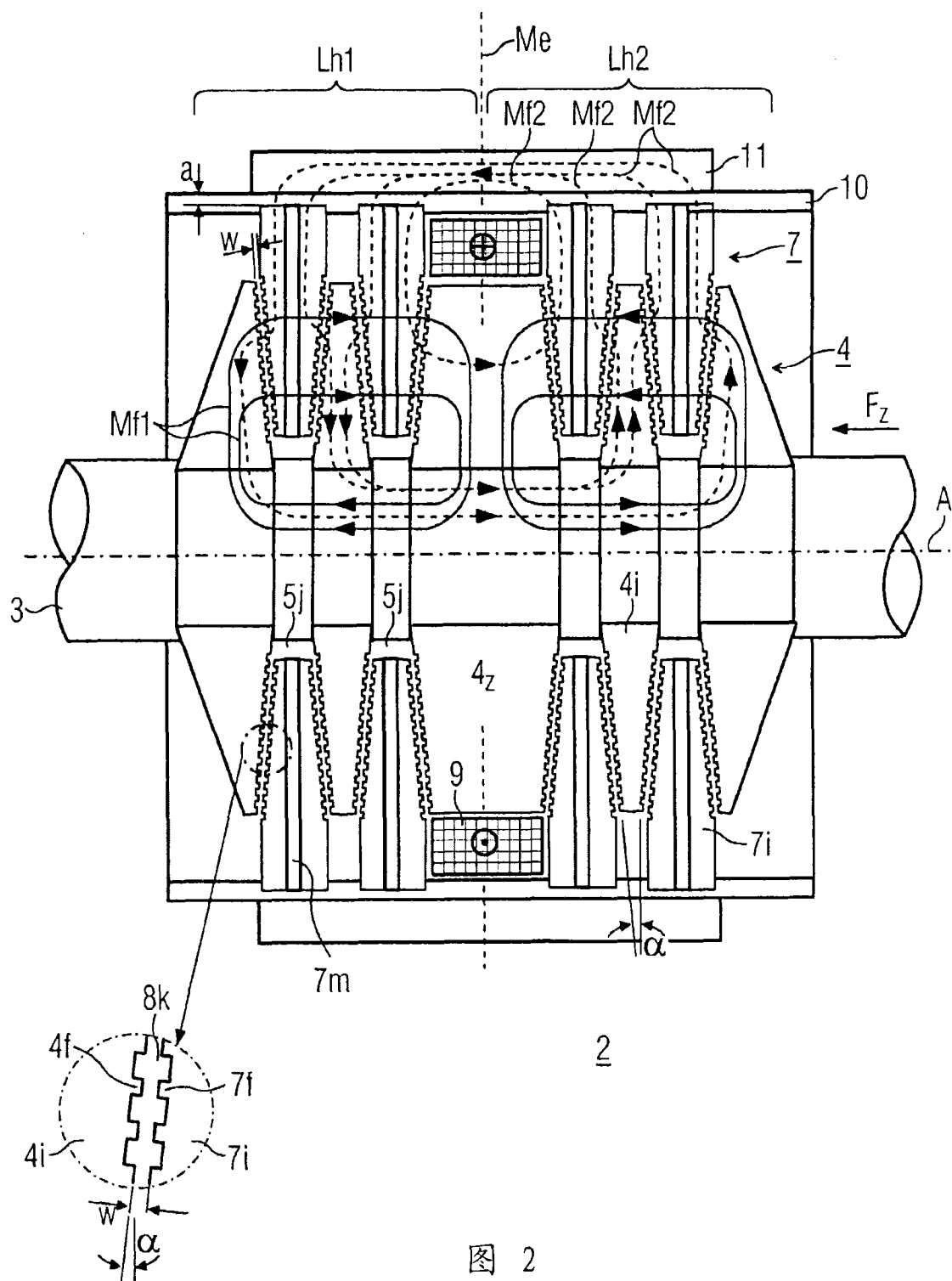


图 2

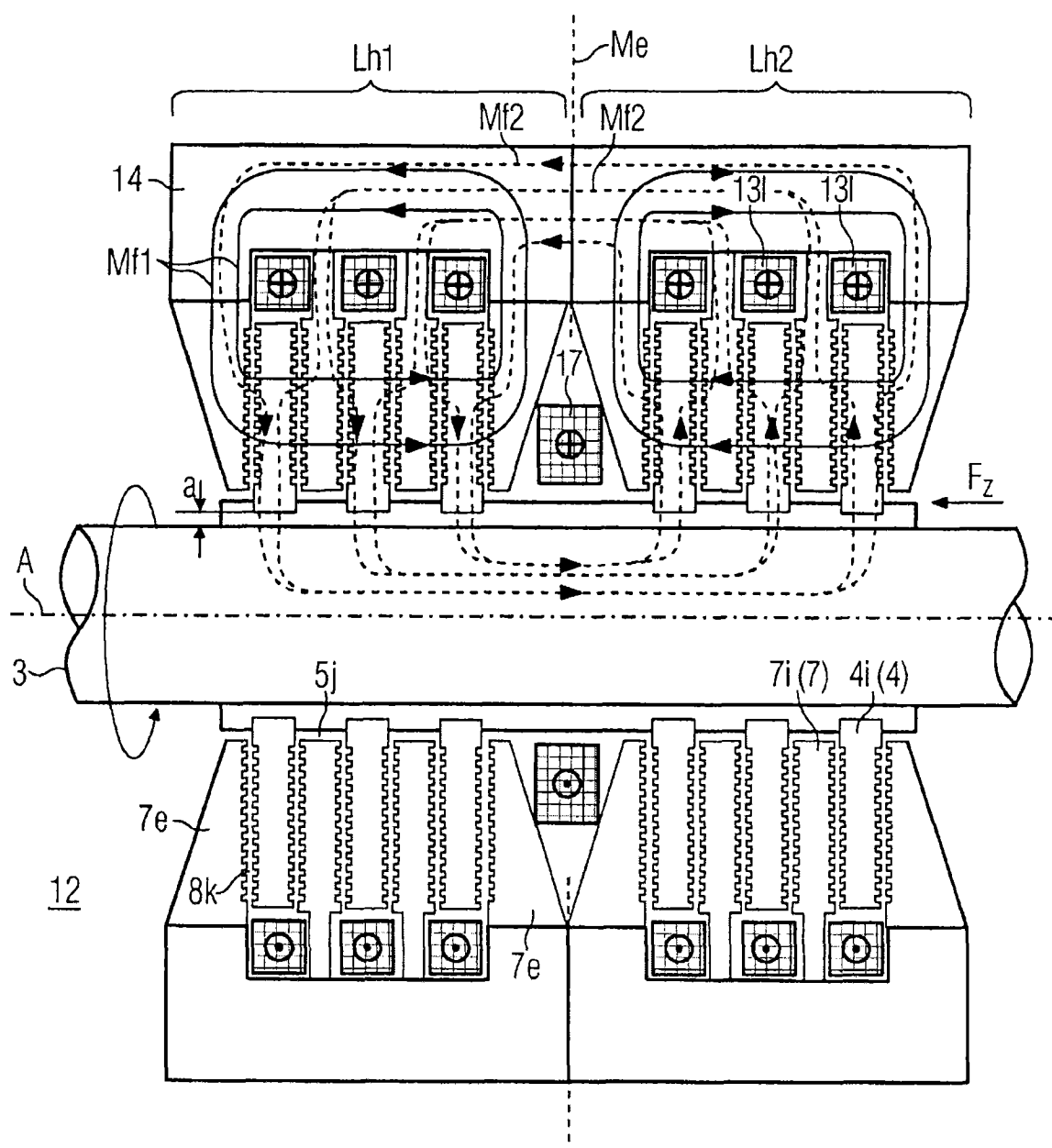


图 3