



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101476593 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 03

(21) 申请号 200910060606. 3

审查员 王丹

(22) 申请日 2009. 01. 20

(73) 专利权人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122 号武汉理工大学科研处

(72) 发明人 王晓光 胡业发 吴华春

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 王守仁

(51) Int. Cl.

F16C 32/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201121656 Y, 2008. 09. 24, 全文.

CN 101054998 A, 2007. 10. 17, 全文.

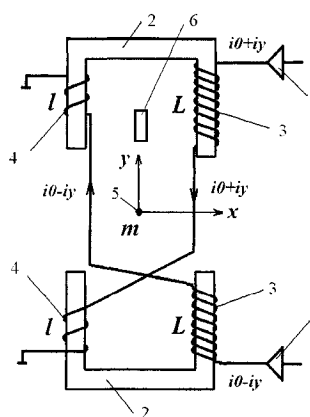
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

反向差动驱动的磁力轴承

(57) 摘要

本发明提供了两种反向差动驱动控制的磁力轴承, 均包括定子、转子、传感器、控制器、功率放大器, 在该磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁中, 分别缠绕一组大匝数线圈和一组小匝数线圈, 两组线圈缠绕方向相反。其中: 第一种磁力轴承, 其大匝数线圈分别与相对方向上电磁铁上的小匝数线圈串联, 并以同一功率放大器驱动。两个相对的电磁铁以大小相等方向相反的控制电流激磁。第二种磁力轴承, 其大、小匝数线圈分别以两个功率放大器驱动, 两个相对的电磁铁的大匝数线圈仍以大小相等方向相反的控制电流激磁, 而小匝数线圈分别以与大匝数线圈控制电流方向相反、大小任意的控制电流激磁。本发明较常规差动驱动的磁力轴承有更好的动态特性。



1. 一种反向差动驱动的磁力轴承,包括定子、转子、传感器、控制器、功率放大器,其特征是:在磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁中,分别缠绕一组大匝数线圈和一组小匝数线圈,同一电磁铁中的大匝数线圈和小匝数线圈缠绕方向相反;大匝数线圈分别与相对方向电磁铁上的小匝数线圈串联,并且以同一功率放大器驱动;两个相对的电磁铁中的大匝数线圈以大小相等方向相反的控制电流激磁。

2. 一种反向差动驱动的磁力轴承,包括定子、转子、传感器、控制器、功率放大器,其特征是:在磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁中,分别缠绕一组大匝数线圈和一组小匝数线圈,同一电磁铁中的大匝数线圈和小匝数线圈缠绕方向相反;两个位置相对的电磁铁中的大匝数线圈分别以两个功率放大器驱动,两个位置相对的电磁铁中的小匝数线圈分别以两个功率放大器驱动;两个相对的电磁铁的大匝数线圈以大小相等方向相反的控制电流激磁,两个相对的电磁铁的小匝数线圈分别以与大匝数线圈控制电流方向相反、大小任意的控制电流激磁。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的反向差动驱动的磁力轴承,其特征是:小匝数线圈和大匝数线圈的匝数比为 1 : 6。

4. 根据权利要求 3 所述的反向差动驱动的磁力轴承,其特征是:大匝数线圈和小匝数线圈材料采用铜线。

5. 根据权利要求 4 所述的反向差动驱动的磁力轴承,其特征是:铜线采用缩醛漆包圆铜线。

反向差动驱动的磁力轴承

技术领域

[0001] 本发明涉及轴承领域,特别是涉及一种反向差动驱动的磁力轴承和将反向差动驱动方式用于磁力轴承。

[0002] 背景技术

[0003] 磁力轴承是利用电磁力将转子悬浮于空间、使转子和定子之间实现无接触支承的一种新型高性能轴承。磁力轴承与普通轴承相比,磁力轴承主要有高转速、无接触、无润滑、可对转子位置进行控制等优点。

[0004] 控制系统是磁力轴承系统中很重要的一环,控制系统的好坏直接影响到整个系统的性能,包括稳定性、动刚度、抗干扰能力等。在常规的磁力轴承应用系统中,磁力轴承一般采用差动激磁驱动。所谓的差动激磁驱动就是磁力轴承在某一个受约束的自由度方向上有两个作用力方向相反的磁铁同时工作。这样布局使得磁力轴承在该自由度方向上既能产生正向力,又能产生反向力。

[0005] 常规差动驱动控制的磁力轴承,其工作原理是:如图1中所示为磁力轴承转子受外力作用,偏离平衡位置向y轴负方向移动,磁力轴承的上面一个磁铁以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之和 (i_0+i_y) 激磁,磁力轴承的下面一个磁铁以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之差 (i_0-i_y) 激磁。磁力轴承在y轴方向上的电磁力变化克服磁悬浮转子所受的外力,将其拉回到平衡位置。

[0006] 常规磁力轴承定子中电磁铁具有感性负载的特性,在同样的激磁条件下,电感越大其电磁力也越大,但电感越大其电磁力的变化率越小。而磁力轴承的工作条件要求磁力轴承既有大的电磁力、又有快的电磁力变化率。

[0007] 常规差动驱动控制的磁力轴承,主要由定子、转子、传感器、控制器、功率放大器等组成。其主要的缺陷是:磁力轴承的电磁力变化较慢,磁力轴承的动态特性差。

[0008] 发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是:针对常规差动驱动控制的磁力轴承存在的缺陷,提供一种反向差动驱动的磁力轴承,以一种能更好地满足磁力轴承工作条件的驱动控制方法,改进磁力轴承的动态特性。

[0010] 本发明解决其技术问题采用以下的技术方案:

[0011] 本发明提供了以下两种反向差动驱动控制的磁力轴承:

[0012] 第一种反向差动驱动控制的磁力轴承,包括定子、转子、传感器、控制器、功率放大器。在该磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁中,分别缠绕一组大匝数线圈和一组小匝数线圈,同一电磁铁中的大匝数线圈和小匝数线圈缠绕方向相反;大匝数线圈分别与相对方向电磁铁上的小匝数线圈串联,并且以同一功率放大器驱动;两个相对的电磁铁以大小相等方向相反的控制电流激磁。

[0013] 第二种反向差动驱动控制的磁力轴承,包括定子、转子、传感器、控制器、功率放大器。在该磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁中,分别缠绕一组大匝数线圈和一组小匝数线圈,同一电磁铁中的大匝数线圈和小匝数线圈缠绕方向相反;两个位置

相对的电磁铁中的大匝数线圈分别以两个功率放大器驱动,两个位置相对的电磁铁中的小匝数线圈分别以两个功率放大器驱动;两个相对的电磁铁的大匝数线圈以大小相等方向相反的控制电流激磁,两个相对的电磁铁的小匝数线圈分别以与大匝数线圈控制电流方向相反、大小任意的控制电流激磁。

[0014] 本发明与常规差动驱动的磁力轴承相比,主要有以下的显著效果:反向差动驱动的磁力轴承在工作时,电磁力可以更迅速地变化,提高了磁力轴承的动态特性。反向差动驱动的磁力轴承在超调量、调整时间、稳态误差等方面均优于常规差动驱动的磁力轴承。

[0015] 附图说明

[0016] 图 1 为常规差动驱动控制的磁力轴承原理图。

[0017] 图 2 为单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承原理图。

[0018] 图 3 为双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承原理图。

[0019] 具体实施方式

[0020] 本发明提出了一种全新的用于主动磁力轴承的反向差动驱动方式。其主要特点是:1. 定子由多对电磁铁组成,最常见为两对,在每个电磁铁中增加反向差动线圈;2. 采用反向差动控制方法来驱动磁力轴承;3. 具有反向差动线圈的磁力轴承,既可以采用单功率放大器也可以双功率放大器来驱动。本发明提供了以下两种反向差动驱动控制的磁力轴承。

[0021] 第一种为单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其包括定子、转子 5、传感器 6、控制器和功率放大器 1。在该磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁 2 中,分别缠绕一组大匝数线圈 3 和一组小匝数线圈 4,两组线圈缠绕方向相反。其中:如图 2 所示,每个电磁铁的大匝数线圈分别与相对方向电磁铁上的小匝数线圈串联,每一个串联回路以同一功率放大器驱动;两个相对的电磁铁以大小相等方向相反的控制电流激磁。

[0022] 第二种为双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其包括定子、转子 5、传感器 6、控制器和功率放大器 1。在该磁力轴承约束的自由度方向上两个位置相对的电磁铁 2 中,分别缠绕一组大匝数线圈 3 和一组小匝数线圈 4,两组线圈缠绕方向相反。其中:如图 3 所示,各电磁铁中的大匝数线圈和小匝数线圈分别以两个功率放大器驱动,两个相对的电磁铁的大匝数线圈仍然以大小相等方向相反的控制电流激磁,而两个相对的电磁铁的小匝数线圈分别以与大匝数线圈控制电流方向相反、大小任意的控制电流激磁。

[0023] 在上述两种反向差动驱动控制的磁力轴承中,其小线圈和大线圈的匝数比为 $1:1 \sim 1:6$,或依据实际情况而定。所述大线圈和小线圈材料可采用铜线。铜线可采用缩醛漆包圆铜线。

[0024] 上述的两种反向差动驱动控制的磁力轴承,其控制原理和硬件组成上有差别。

[0025] 单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其控制原理如图 2 所示:被悬浮的转子 5 简化为一个质点,在该磁力轴承约束的 y 轴方向上两个相对方向上电磁铁中,分别缠绕一组大线圈 L 和一组小线圈 l,两组线圈缠绕方向相反;将每个电磁铁的大线圈分别与相对方向上电磁铁的小线圈串联,此串联回路以同一功率放大器驱动,以大小相等、方向相反的控制电流激磁,进行差动驱动控制。当磁悬浮转子受外力作用,偏离平衡位置向 y 轴负方向位移,磁力轴承在上面一个电磁铁大线圈中以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之和 (i_0+i_y) 激磁,同时在其相对方向上电磁铁大线圈中以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之差 (i_0-i_y) 激磁。

当磁悬浮转子受外力作用,偏离平衡位置向坐标轴其它方向位移时,其控制原理与此相同。

[0026] 单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其因为相对方向电磁铁上的线圈反向串联,上面一个磁铁内同时存在上下两个激磁电流所产生的电磁场。该电磁场方向相同,使得上面磁铁的电磁力更快地增大。而下面一个磁铁内的情况与此相反,使得下面磁铁的电磁力更快地减小。其综合结果使得磁力轴承 y 轴在方向上的电磁力更迅速地变化,提高了磁力轴承的动态特性。

[0027] 双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其控制原理原理图如图 3 所示:被悬浮的转子 5 简化为一个质点,在该磁力轴承约束的 y 轴方向上两个相对方向上电磁铁中,分别缠绕一组大线圈 L 和一组小线圈 l ,两组线圈缠绕方向相反;并且每个电磁铁的大线圈 L 和小线圈 l 断开,各电磁铁中的大、小线圈分别以两个功率放大器驱动,两个相对的电磁铁的大匝数线圈仍然以大小相等方向相反的控制电流激磁,而小匝数线圈分别以与大匝数线圈电流方向相反、大小任意的控制电流激磁。当磁悬浮转子受外力作用,偏离平衡位置向 y 轴负方向位移,磁力轴承在上面一个电磁铁中的大线圈以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之和 (i_0+i_y) 激磁,同时下面电磁铁的小线圈以控制电流 $k2i_y$ 激磁。同时,下面电磁铁的大线圈以偏置电流 i_0 与控制电流 i_y 之差 (i_0-i_y) 激磁,上面电磁铁的小线圈以控制电流 $-k1i_y$ 激磁。即两个相对的电磁铁的大匝数线圈仍然以大小相等方向相反的控制电流激磁,而小匝数线圈分别以与大匝数线圈控制电流方向相反、大小任意的控制电流激磁;当磁悬浮转子受外力作用,偏离平衡位置向坐标轴其它方向位移时,其控制原理与此相同。

[0028] 双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承,其因为各电磁铁上的大、小线圈缠绕方向相反,上面一个磁铁内同时存在大、小线圈两个激磁电流所产生的电磁场,该电磁场方向相同,使得上面磁铁的电磁力更快地增大。而下面一个磁铁内的情况与此相反,使得下面磁铁的电磁力更快地减小。其综合结果使得磁力轴承 y 轴在方向上的电磁力更迅速地变化,提高了磁力轴承的动态特性。双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承除具有与单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承的类似的特点外,因为小线圈由单独功率放大器驱动,因此可以更灵活地选择反向差动控制电流,获得较单功率放大器反向差动更佳的控制效果。

[0029] 上述两种反向差动驱动控制的磁力轴承,其相同点在于两种轴承的绕线方式、大线圈和小线圈的匝数、大线圈和小线圈匝数比都相同。其不同点在于双功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承将每个电磁铁的大线圈和小线圈断开,各电磁铁中的大、小线圈分别以两个功率放大器驱动。正由于各个电磁铁中的大线圈并不与相对方向上电磁铁的小线圈相连,那么大、小线圈可以以不同的电流激磁。而单功率放大器反向差动驱动控制的磁力轴承各个电磁铁中的大线圈与相对方向上电磁铁的小线圈串连,所以该串联回路中的大、小线圈以相同的电流激磁。

[0030] 本发明提供的磁力轴承,其制备方法与常规的磁力轴承制备方法类似,其不同点是磁力轴承定子加工时,常规差动驱动的磁力轴承定子的每一电磁铁中仅缠绕一个线圈,而反向差动驱动的磁力轴承定子的每一电磁铁中缠绕两个线圈,即增加了反向差动线圈。

[0031] 本发明的实施,可根据磁力轴承设计的基本知识定出磁力轴承的结构尺寸,确定磁力轴承定子中电磁铁线圈的总匝数。在磁力轴承定子的加工过程中,要求在定子的每个电磁铁中缠绕反向差动线圈。该反向差动电磁铁中的小线圈和大线圈的匝数比为 $1:1 \sim$

1 : 6。大线圈和小线圈材料可采用磁力轴承常用的铜线,如缩醛漆包圆铜线等。

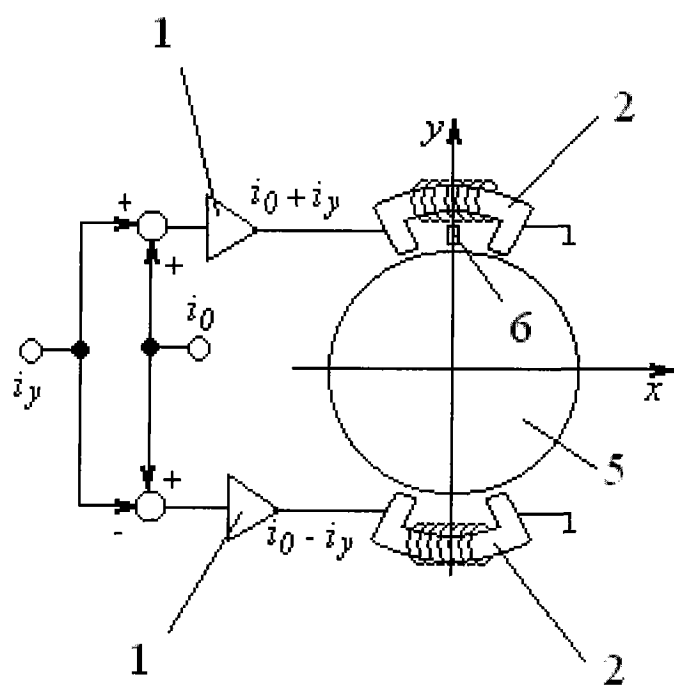


图 1

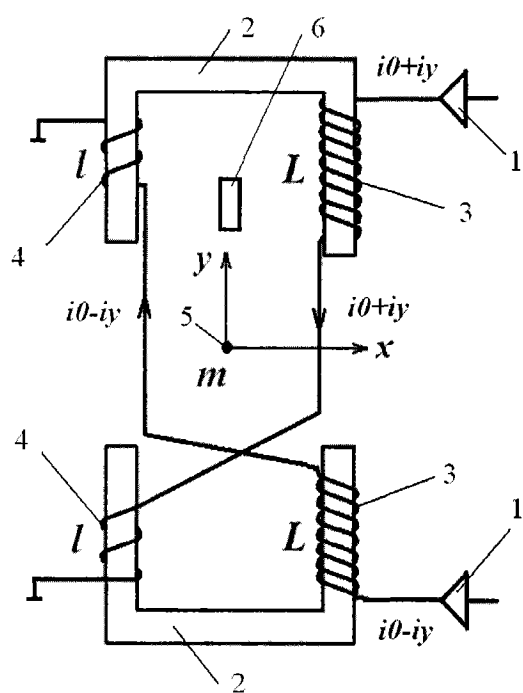


图 2

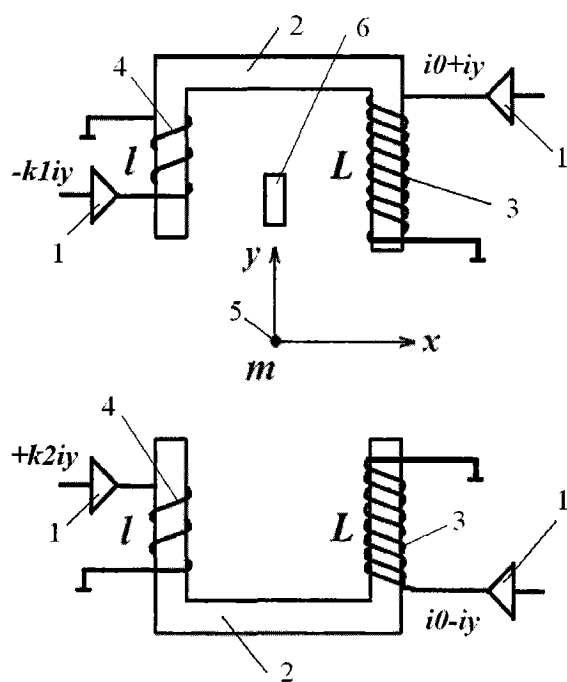


图 3