



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101994761 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201010531919. 5

(22) 申请日 2010. 11. 04

(66) 本国优先权数据

201010256250. 3 2010. 08. 17 CN

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 孙津济 房建成 乐韵 刘刚

汤继强 王曦

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司 11251

代理人 李新华

(51) Int. Cl.

F16C 32/04 (2006. 01)

审查员 杨道斌

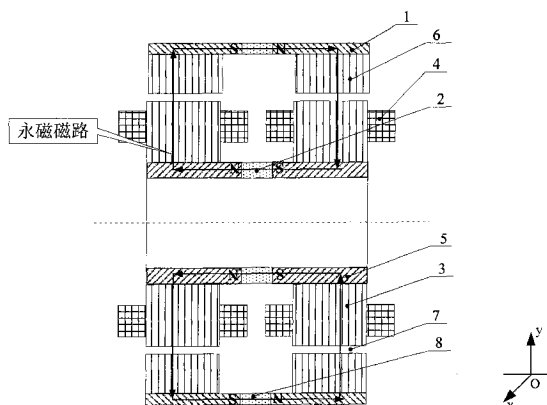
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承

(57) 摘要

一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承, 由外导磁环、外永磁体、定子铁心、激磁线圈、内导磁环、内永磁体和转子铁心组成, 每个定子铁心组成 4 个磁极, 2 个定子铁心组成磁轴承左右两端 8 个磁极, 分别组成 X、Y 轴正负方向的磁极, 每个定子磁极绕制有激磁线圈, 定子铁心外部是转子铁心, 转子铁心外面是外导磁环, 外永磁体位于外导磁环之间, 外导磁环与转子铁心相连, 转子铁心内表面与定子铁心外表面留有一定的间隙, 形成空气隙, 内永磁体位于内导磁环之间, 本发明解决了现有空间用永磁偏置外转子径向磁轴承剩磁矩大的问题。



1. 一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,其特征在于:由外导磁环(1)、外永磁体(8)、定子铁心(3)、激磁线圈(4)、内导磁环(5)、内永磁体(2)和转子铁心(6)组成,每个定子铁心(3)组成4个磁极,2个定子铁心(3)组成磁轴承左右两端8个磁极,分别组成X、Y轴正负方向的磁极,每个定子磁极绕制有激磁线圈(4),定子铁心(3)外部为转子铁心(6),转子铁心(6)外部为外导磁环(1),外永磁体(8)位于两个外导磁环(1)之间,转子铁心(6)内表面与定子铁心(3)外表面留有一定的间隙,形成空气隙(7),定子铁心(3)的径向内部为内导磁环(5),内永磁体(2)位于两个内导磁环(5)之间,在外导磁环(1)中加入与径向磁轴承内永磁体(2)体积相等、充磁方向相反的外永磁体(8),利用外永磁体(2)与内永磁体(8)充磁方向相反、永磁体磁矩大小相等的特点实现剩磁矩补偿的目的,外永磁体(8)为补偿永磁体,内永磁体(2)和外永磁体(8)为轴向圆环,沿轴向充磁。

2. 根据权利要求1所述的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,其特征在于:所述的内永磁体(2)和外永磁体(8)采用稀土永磁材料或铁氧体永磁材料制成。

3. 根据权利要求1所述的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,其特征在于:所述的定子铁心(3)的磁极采用极靴形式以减小高速下的涡流损耗。

4. 根据权利要求1所述的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,其特征在于:所述的外导磁环(1)和内导磁环(5)均采用导磁性能良好的材料制成电工纯铁、1J50或硅钢的任意一种制成。

一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非接触磁悬浮轴承,特别是一种补偿剩磁矩的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,可作为空间用磁悬浮飞轮等旋转部件的无接触支撑,降低其自身剩磁对外界部件的磁干扰。

背景技术

[0002] 磁悬浮轴承分纯电磁式和永磁偏置加电磁控制的混合式磁悬浮轴承,前者使用电流大、功耗大,永磁偏置加电磁控制的混合式磁悬浮轴承,利用永磁体替代纯电磁磁轴承中的偏置电流产生偏置磁场,永磁体产生的磁场承担主要的承载力,电磁磁场提供辅助的调节承载力,因而这种轴承可大大减小控制电流,具有降低功率放大器的损耗、减少磁轴承安匝数、缩小磁轴承体积、提高轴承承载能力等优点,故永磁偏置磁轴承在磁悬浮电机、高速飞轮系统等磁悬浮支承的高速运动场合得到了广泛的应用。空间用磁悬浮飞轮采用磁轴承支承,由于克服了传统机械轴承飞轮的摩擦以及不平衡振动等问题,因此可实现更高的转速、更长的寿命以及更高的输出力矩精度,剩磁矩是衡量卫星及其部件磁性大小的指标之一,也是卫星姿态控制执行机构—磁悬浮飞轮磁性大小的重要指标之一,特别是对于近地轨道卫星,由于地磁场的影响,如果卫星及其部件因为某些原因而残留较大的剩磁矩,则一方面使得整星剩磁矩会与地磁场相互作用产生干扰力矩,影响卫星的姿态控制精度;另一方面星体某一部件的剩磁矩可能会对卫星的其他部件产生干扰,如影响磁强计的测量精度等。因此在卫星的设计生产过程中,为减小卫星内部各磁部件之间的干扰,应对卫星的每个磁部件都有剩磁矩的要求。

[0003] 经过分析表明,磁悬浮飞轮中产生剩磁矩的磁源主要有永磁体、软磁材料和通电线圈,且永磁体产生的磁矩是整个磁悬浮飞轮剩磁矩的主要磁源,现有的授权专利 ZL200710098750.7 提出的磁悬浮飞轮结构,给出了一种轴向长度短的外转子磁悬浮飞轮,其采用的是 ZL200510011270.3 的外转子径向磁轴承结构,由于飞轮系统中的电机永磁体是径向交替对称充磁,轴向磁轴承是成对使用而可以使得永磁体对称使用,因此两者的永磁剩磁矩可近似至 0,唯有径向磁轴承由于传统结构采用一个永磁体圆环产生偏置磁场,为非对称永磁体结构,因此会产生较大的剩磁矩,从而会对其他部件产生磁干扰。现有的剩磁矩补偿方法很少,主要是通过实验的方法测出剩磁矩,通过飞轮中的磁力矩器根据在轨道中的磁性状况进行磁补偿的方法,这种方法实现起来十分复杂,另有一种方法是通过外加永磁体的方式进行补偿,这种方法依然是根据实验测试,根据测得的结果进行外加永磁体的补偿,这种方法所加永磁体的大小没有规律可循,而且外加永磁体增加了飞轮等装置的体积,并且外加永磁体对飞轮等装置的导磁转动部分在高速下带来了不可预知的损耗,影响整机磁性能的稳定性。鉴于上述原因,现有的径向磁轴承存在轴向方向剩磁矩大且现有补偿方法十分复杂并会增加装置体积等缺陷。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是：克服现有技术的不足，提供一种低剩磁矩的的永磁偏置外转子径向磁轴承，以减小期自身对外界的磁干扰。

[0005] 本发明的技术方案为：一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承，由外导磁环、外永磁体、定子铁心、激磁线圈、内导磁环、内永磁体和转子铁心组成，每个定子铁心组成4个磁极，2个定子铁心组成磁轴承左右两端8个磁极，分别组成X、Y轴正负方向的磁极，每个定子磁极绕制有激磁线圈，定子铁心外部为转子铁心，转子铁心外部为外导磁环，外永磁体位于两个外导磁环之间，转子铁心内表面与定子铁心外表面留有一定的间隙，形成空气隙，定子铁心的径向内部为内导磁环，内永磁体位于两个内导磁环之间，其中外永磁体为补偿剩磁矩的永磁体，内导磁环、内永磁体、定子铁心以及激磁线圈构成了补偿剩磁矩双永磁体外转子径向磁轴承的静止部分，转子铁心、外导磁环以及外永磁体构成了补偿剩磁矩双永磁体外转子径向磁轴承的转动部分。

[0006] 所述的外永磁体的体积与内永磁体的体积相等，且其充磁方向与内永磁体的充磁方向相反；内永磁体和外永磁体采用稀土永磁材料或铁氧体永磁材料制成；内永磁体和外永磁体为轴向圆环，沿轴向充磁。

[0007] 所述的定子铁心的磁极可采用极靴形式以减小高速下的涡流损耗。

[0008] 所述的外导磁环和内导磁环均采用导磁性能良好的材料制成，如电工纯铁、1J50或硅钢等任意一种制成。

[0009] 上述方案的原理是：内永磁体和外永磁体反向串联，给磁轴承提供永磁偏置磁场，承担磁轴承所受的径向力，激磁线圈所产生的磁场起调节作用，用来改变每极下磁场的强弱，保持磁轴承定转子气隙均匀，并使转子得到无接触支撑。本发明的永磁磁路为：磁通从内永磁体N极出发，通过一端内导磁环、定子铁心、气隙、转子铁心、外导磁环、外永磁体的S极到外永磁体的N极、另一端的外导磁环、转子铁心、气隙、定子铁心、另一端的内导磁环回到内永磁体S极，形成磁悬浮轴承的主磁路，如图1所示。以某端Y轴正方向激磁线圈电流产生的磁通为例，其路径为：定子铁心形成的Y轴正方向磁极、Y轴正方向气隙到转子铁心、然后到另外三个方向气隙、定子铁心形成的另外三个方向磁极、回到定子铁心形成的Y轴正方向磁极，构成闭合回路，如图2所示。

[0010] 永磁体、软磁材料和通电线圈会产生磁场，该磁场与空间磁场相互作用，会产生对航天器的干扰力矩。此干扰力矩可表示为：

$$[0011] \quad M = |\vec{M}| = |\vec{P} \times \vec{B}| = PB \sin \beta$$

[0012] 其中 $\vec{P}$ 即为剩磁矩， $\vec{B}$ 为航天器所在高度处的环境磁场强度， β 为环境磁场与磁矩的夹角。

[0013] 通电线圈的磁矩为 $\vec{P} = \vec{I} \times \vec{S}$ ($\vec{I}$:线圈中的电流， $\vec{S}$ 线圈面积)，方向满足右手螺旋定则。由于磁轴承线圈的通电往往都是相反方向的，经过分析可得，每对控制线圈中的2个线圈磁矩大小相等，方向相反，所以对外表现的合成磁矩为0。对于软磁材料来说，磁矩为永磁磁场所激励的磁环分子电流磁矩的矢量合，由于软磁材料中的磁路为周向均匀分布，所以理论上对外表现的磁矩矢量为零。对于永磁体而言，其磁矩表达式为： $|\vec{P}| = H_c * V$ (H_c 为永磁体的矫顽力， V 为永磁体的体积)，方向为永磁体的充磁方向。对于磁悬浮飞轮系统用磁轴承结构，由于电机的永磁体是径向交替对称充磁，轴向磁轴承是成对使用而可以使得永

磁体对称使用,因此两者的永磁剩磁矩可近似至 0,唯有径向磁轴承由于传统结构采用一个永磁体圆环产生偏置磁场,因此其剩磁矩方向沿永磁体的充磁方向,对外表现一个较大的轴向磁矩分量,大小与永磁体体积有关,所以为了补偿径向磁轴承产生的轴向磁矩分量,本发明采用的是在转子导磁环中加入与径向磁轴承定子永磁体体积相等、充磁方向相反的永磁体,利用其充磁方向相反、永磁体磁矩大小相等的特点实现剩磁矩补偿的目的。

[0014] 综上所述,磁轴承磁矩大小与永磁体体积成正比,方向与永磁体充磁方向一致,因此内永磁体的充磁方向与外永磁体的充磁方向一定要相反,同时要保证内永磁体的体积与外永磁体体积相等。

[0015] 本发明与现有技术相比的优点在于:本发明利用现有外转子径向磁轴承的外导磁环的基础上设计有外永磁体,使其充磁方向与内永磁体方向相反,同时体积与内永磁体体积相等实现了降低径向磁轴承剩磁矩的目的,整体体积没有增加,安装简单可靠,克服了现有飞轮中的磁力矩器根据在轨道中的磁性状况进行磁补偿的方法复杂的缺陷以及剩磁矩补偿通过外加永磁体增加体积的缺陷。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明技术解决方案的补偿剩磁矩的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承轴向截面图;

[0017] 图 2 为本发明技术解决方案的补偿剩磁矩的双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承轴向端面图。

具体实施方式

[0018] 如图 1、2 所示,一种双永磁体外转子永磁偏置径向磁轴承,由外导磁环 1、外永磁体 8、定子铁心 3、激磁线圈 4、内导磁环 5、内永磁体 2 和转子铁心 6 组成,每个定子铁心 3 组成 4 个磁极,2 个定子铁心 3 组成磁轴承左右两端 8 个磁极,分别组成 X、Y 轴正负方向的磁极,每个定子磁极绕制有激磁线圈 4,定子铁心 3 外部为转子铁心 6,转子铁心 6 外部为外导磁环 1,外永磁体 8 位于两个外导磁环 1 之间,转子铁心 6 内表面与定子铁心 3 外表面留有一定的间隙,形成空气隙 7,定子铁心 3 的径向内部为内导磁环 5,内永磁体 2 位于两个内导磁环 5 之间。在某卫星试验中心的大型零磁场环境磁实验室实验测试验证了补偿剩磁矩的效果,如果采用一个永磁体(称为单永磁体径向磁轴承结构),测试得到的径向磁轴承剩磁矩的轴向分量大小为 1.4,整个径向磁轴承剩磁矩为 1.41;采用本发明所述的双磁体径向磁轴承结构,剩磁矩的轴向分量减小至 0.27,整个径向磁轴承的剩磁矩为 0.27。由此可见,采用双永磁体结构的外转子永磁偏置磁轴承结构可大大降低其剩磁矩,从而减小了对其他部件的磁干扰。

[0019] 上述本发明技术方案所用的外导磁环 1、内导磁环 5 均用导磁性能良好的材料制成,如电工纯铁、各种碳钢、铸铁、铸钢、合金钢、1J50 和 1J79 等磁性材料等。定子铁心 3、转子铁心 6 可用导磁性能良好的电工薄钢板如电工纯铁、电工硅钢板 DR510、DR470、DW350、1J50 和 1J79 等磁性材料冲压迭制而成。内永磁体 2 和外永磁体 8 的材料为磁性能良好的稀土永磁体、钕铁硼永磁体或铁氧体永磁体,内永磁体 2 和外永磁体 8 为轴向圆环,沿轴向充磁,且内永磁体 2 与外永磁体 8 的充磁方向相反,并且保证体积相等。激磁线圈 4 用导电

良好的电磁线绕制后浸漆烘干而成。另外,由于永磁体产生的磁场通过定子铁心磁极在转子铁心中产生的磁场是大小变化的,因此在转子高速旋转时会产生涡流损耗,为减小这部分损耗,定子铁心 3 的磁极应采用极靴形式以减小高速下的涡流损耗。

[0020] 本发明说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

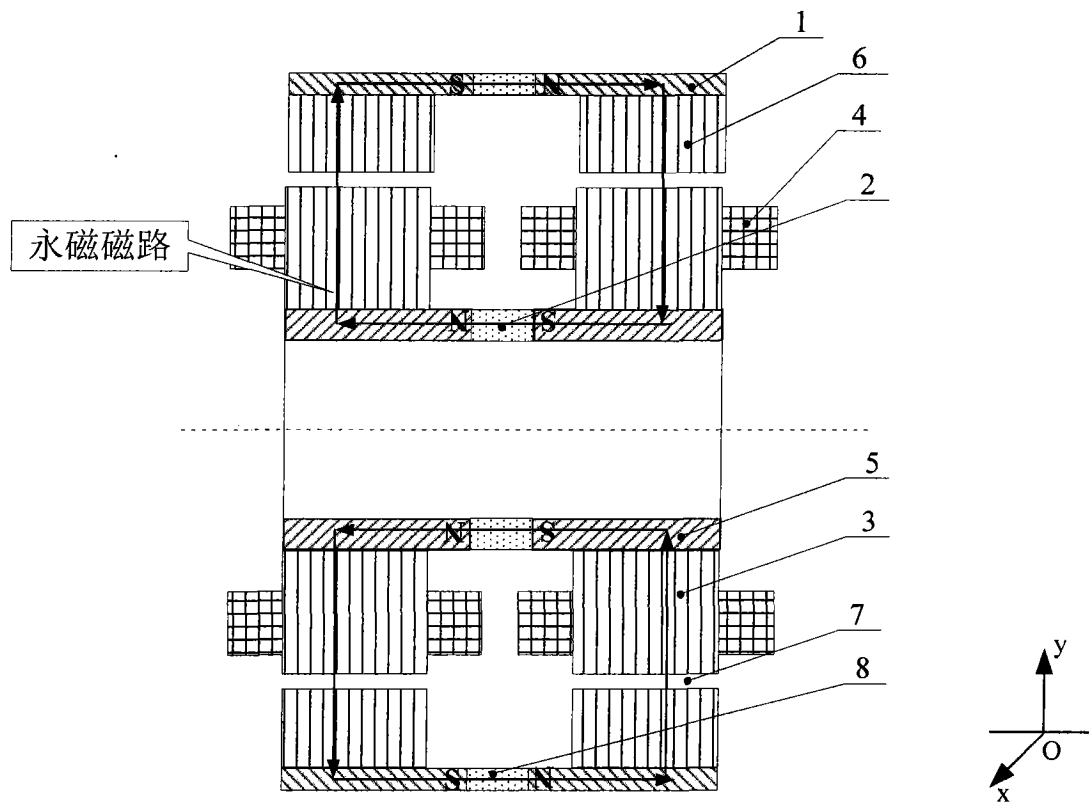


图 1

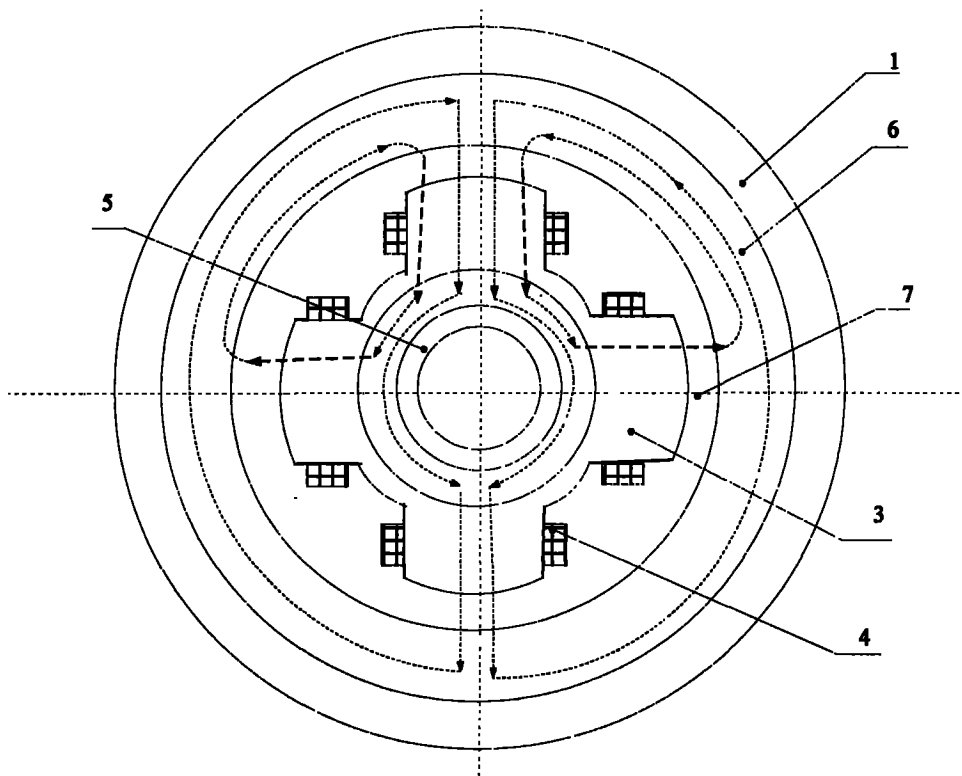


图 2