



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106763184 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201710079782.6

(22)申请日 2017.02.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106763184 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 鞠金涛 朱焜秋

(51)Int.Cl.

F16C 32/04(2006.01)

审查员 李美琴

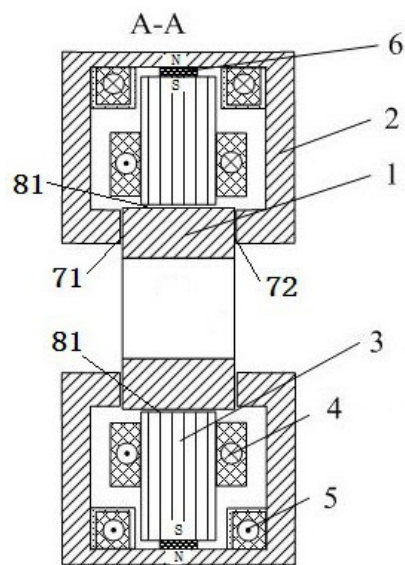
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种六极径向-轴向混合磁轴承

(57)摘要

本发明公开一种可以同时控制径向两自由度和轴向自由度的六极径向-轴向混合磁轴承,转子外同轴套径向定子,径向定子外同轴套有圆环形的永磁体,永磁体外同轴套有轴向定子;径向定子的沿圆周方向均匀布置有六个径向磁极,每个径向磁极上都缠绕径向控制线圈,面对面的两个径向磁极上的两个径向控制线圈串联且缠绕方向相同;径向定子的轴向两端侧旁各装有一个圆环形的轴向控制线圈,两个轴向控制线圈串联且缠绕方向相同;本发明的径向定子采用六极结构,形成三相绕组,减少了开关管数量,减小功率损耗和驱动器成本,减小径向两个自由度间的耦合。



1. 一种六极径向-轴向混合磁轴承, 转子(1)外同轴套径向定子(3), 其特征是: 径向定子(3)外同轴套有圆环形的永磁体(6), 永磁体(6)外同轴套有轴向定子(2); 径向定子(3)的沿圆周方向均匀布置有六个径向磁极(32), 每个径向磁极(32)上都缠绕径向控制线圈(4), 面对面的两个径向磁极(32)上的两个径向控制线圈(4)串联且缠绕方向相同; 径向定子(3)的轴向两端侧旁各装有一个圆环形的轴向控制线圈(5), 两个轴向控制线圈(5)串联且缠绕方向相同; 轴向定子(2)由一个轴向定子筒(21)、两个轴向定子盘和两个轴向磁极构成, 轴向定子筒(21)的两端各固定连接一个轴向定子盘, 两个轴向定子盘结构相同且面对面地对称布置, 轴向定子盘的中间向对面方向凸出且向转子(1)的轴向两端延伸圆环形的轴向磁极, 两个轴向磁极与转子(1)的轴向两端之间对应地留有轴向气隙; 永磁体(6)固定镶嵌在径向定子(3)的外环面和轴向定子筒(21)的内环面之间, 轴向控制线圈(5)缠绕在轴向定子筒(21)的内环面上; 永磁体(6)沿径向充磁, 内侧是S极, 外侧是N极; 面对面的两个径向磁极(32)上的两个径向控制线圈(4)形成三相线圈, 三相线圈采用星型连接, 并采用三相全桥电路驱动; 永磁体(6)产生偏置磁通(91), 控制两个轴向控制线圈(5)中电流的大小和正负能控制轴向悬浮力的大小和方向, 控制六个径向控制线圈(4)中的电流能产生不同方向、大小的径向悬浮力。

2. 根据权利要求1所述一种六极径向-轴向混合磁轴承, 其特征是: 永磁体(6)的轴向长度小于径向定子(3)的轴向长度, 径向定子(3)的轴向长度小于转子(1)的轴向长度。

一种六极径向-轴向混合磁轴承

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非接触式磁悬浮轴承(简称磁轴承),特别是一种可以同时控制径向两自由度和轴向自由度的三自由度混合磁轴承,适用于航空航天、核能、风力发电、生物医学、飞轮储能、高速电主轴以及其他工业领域中的各类旋转机械的支承,属于高速及超高速电气传动领域。

背景技术

[0002] 磁轴承利用电磁力将转子悬浮于空中,使转子与定子间没有接触,具有无摩擦、无磨损、无需润滑油、可支承转速高、转子位移可动态调节、回转精度高、寿命长等优点。磁轴承按照能控制的自由度数可以分为单自由度磁轴承(轴向磁轴承)、二自由度磁轴承(径向磁轴承)和三自由度磁轴承(径向-轴向磁轴承)。按照悬浮力产生的方式可以分为主动磁轴承(悬浮力由线圈电流产生)、被动磁轴承(悬浮力由永磁体产生)和混合磁轴承(悬浮力由永磁体和线圈电流共同产生)。其中混合磁轴承利用永磁体提供偏置磁通,可以减少线圈匝数、减小功率损耗、减小磁轴承体积及重量。通常径向磁轴承都采用四极或八极结构,并且由两个双极性开关功放驱动,为了减少开关管数量,降低开关功耗和驱动电路成本,采用径向三极结构并由一个三相逆变器驱动。中国专利申请号为200510040066.4的文献中公开的“三自由度交直流径向-轴向混合磁轴承及其控制方法”中,将径向和轴向磁轴承结合成一个整体,采用一个永磁体同时提供径向和轴向的偏置磁通,并且轴向控制磁路和径向控制磁路之间没有耦合,径向采用三极结构,由一个三相功率逆变器驱动。但是这种磁轴承存在的问题是:三极结构其空间不对称性和三相逆变器三相电流和为零的条件,使径向悬浮力在磁极方向和磁极反方向的最大悬浮力不等,在设计磁轴承时必须使悬浮力最小方向满足承载力要求,这必然导致磁轴承体积的增大。另外,三极不对称结构增加了磁轴承悬浮力与电流、位移之间的非线性,也增强了径向两个自由度之间的耦合性。

发明内容

[0003] 为了克服现有三极结构的混合磁轴承的不足之处,本发明提出一种六极径向-轴向混合磁轴承,以减小磁轴承体积,提高空间利用率,减少磁轴承的非线性,降低径向两个自由度间的耦合。

[0004] 本发明采用的技术方案为:转子外同轴套径向定子,径向定子外同轴套有圆环形的永磁体,永磁体外同轴套有轴向定子;径向定子的沿圆周方向均匀布置有六个径向磁极,每个径向磁极上都缠绕径向控制线圈,面对面的两个径向磁极上的两个径向控制线圈串联且缠绕方向相同;径向定子的轴向两端侧旁各装有一个圆环形的轴向控制线圈,两个轴向控制线圈串联且缠绕方向相同。

[0005] 进一步地,轴向定子由一个轴向定子筒、两个轴向定子盘和两个轴向磁极构成,轴向定子筒的两端各固定连接一个轴向定子盘,两个轴向定子盘结构相同且面对面地对称布置,轴向定子盘的中间向对面方向凸出且向转子的轴向两端延伸圆环形的轴向磁极,两个

轴向磁极与转子的轴向两端之间对应地留有轴向气隙。

[0006] 更进一步地,永磁体固定镶嵌在径向定子的外环面和轴向定子筒的内环面之间,轴向控制线圈缠绕在轴向定子筒的内环面上。

[0007] 与现有混合磁轴承相比,本发明的优点在于:本发明的径向定子采用六极结构,形成三相绕组,采用三相全桥驱动,减少了开关管数量,减小功率损耗和驱动器成本。径向六极结构使磁轴承的悬浮力/位移和悬浮力/电流特性都趋于线性,并且提高了磁轴承的承载力,减小径向两个自由度间的耦合,解决了三极径向-轴向混合磁轴承径向不对称性带来的径向悬浮力和控制电流间的非线性和径向两个自由度悬浮力间的耦合问题。本发明由永磁体与线圈共同产生悬浮力,减小了系统功耗。本发明控制更简单、精确。

附图说明

[0008] 图1是本发明一种六极径向-轴向混合磁轴承的径向剖视图;

[0009] 图2是图1中A-A剖视图;

[0010] 图3是图2中的轴向定子和轴向控制线圈的安装结构剖视图;

[0011] 图4是图1中径向定子和径向控制线圈的安装结构图;

[0012] 图5是本发明的轴向磁路示意图;

[0013] 图6是本发明的径向磁路示意图;

[0014] 图中:1.转子;2.轴向定子;3.径向定子;4.径向控制线圈;5.轴向控制线圈;6.永磁体;21.轴向定子筒;31.径向定子轭;41、42、43、44、45、46.径向控制线圈;51、52.轴向控制线圈;71、72.轴向气隙;81.径向气隙;91.偏置磁通;92.轴向控制磁通;93.径向控制磁通;221、222.轴向定子盘;231、232.轴向磁极;321、322、323、324、325、326.径向磁极。

具体实施方式

[0015] 如图1和图2所示,本发明由转子1、轴向定子2、径向定子3、径向控制线圈4、轴向控制线圈5和永磁体6组成。转子1位于径向定子3的中心处,在转子1外同轴套径向定子3,径向定子3外同轴套有圆环形的永磁体6,永磁体6外同轴套有轴向定子2。圆环形的永磁体6沿径向充磁,永磁体6内侧是S极,外侧是N极。永磁体6镶嵌在径向定子3的外环面和轴向定子2的内环面之间。永磁体6的轴向长度小于径向定子3的轴向长度,径向定子3的轴向长度小于转子1的轴向长度。

[0016] 径向定子3由径向定子轭31和径向磁极32结合为一体构成,径向定子轭31为圆环形,径向定子轭31内环面沿圆周方向均匀布置有六个径向磁极32,形成六极结构。每个径向磁极32上都缠绕有径向控制线圈4。在径向定子3的轴向两端侧旁各安装一个轴向控制线圈5,轴向控制线圈5呈圆环形,沿轴向定子2的内环面缠绕,轴向控制线圈5与径向定子3不接触,在轴向上间隔一定距离。

[0017] 轴向定子2呈圆筒形,径向定子3、径向控制线圈4、轴向控制线圈5和永磁体6都包含在轴向定子2的内部,轴向定子2与转子1、径向定子3、轴向控制线圈5和永磁体6的中心轴共线。

[0018] 轴向定子2的轴向两端与转子1的轴向两端之间留有轴向气隙,两端的轴向气隙分别是轴向气隙71和轴向气隙72。径向定子3的六个径向磁极32的内环面与转子1的外环面之

间留有径向气隙81。

[0019] 转子1和径向定子3由硅钢片叠压而成,径向控制线圈4和轴向控制线圈5均采用标称直径为0.67mm的带绝缘漆铜线,轴向定子2采用铁硅合金材料。永磁体6采用稀土钕铁硼永磁材料,沿径向向外充磁,用于产生偏置磁通。

[0020] 如图3所示,圆筒形的轴向定子2由一个轴向定子筒21和两个轴向定子盘以及两个轴向磁极构成。轴向定子筒21的两端各固定连接一个轴向定子盘,这两个轴向定子盘分别是轴向定子盘221和轴向定子盘222,两个轴向定子盘221、222的结构相同且面对面地对称布置。轴向定子筒21的外径与两个轴向定子盘221、222的外径相等。

[0021] 两个轴向定子盘221、222的中间均具有一个向对面方向凸出的圆环形的轴向磁极,这两个轴向磁极对应地分别是轴向磁极231和轴向磁极232,轴向磁极231和轴向磁极232各对应地向转子1的轴向两端延伸,并且与转子1的轴向两端之间对应地留有轴向气隙71、轴向气隙72。轴向定子筒21套在永磁体6外部,与永磁体6固定,即永磁体6固定镶嵌在径向定子3的外环面和轴向定子筒21的内环面之间。两个轴向控制线圈5缠绕在轴向定子筒21的内环面上,分别是轴向一端侧旁的控制线圈51和轴向另一端侧旁的轴向控制线圈52,轴向控制线圈51和轴向控制线圈52相互串联且缠绕方向相同。径向定子3、径向控制线圈4、轴向控制线圈5和永磁体6都容纳在轴向定子筒21和两个轴向定子盘221、222围成的圆筒内部。

[0022] 如图4所示,径向定子3的六个径向磁极32依序是径向磁极321、322、323、324、325、326,六个径向磁极321、322、323、324、325、326上各缠绕一个径向控制线圈4,六个径向控制线圈4依序是径向控制线圈41、42、43、44、45、46。其中相面对面的两个径向磁极32上的两个径向控制线圈相串联,且缠绕方向相同,形成三相线圈,三相线圈采用星型连接,并采用三相全桥电路驱动。

[0023] 如图5所示,本发明工作时,永磁体6产生偏置磁通91,偏置磁通91从永磁体6流出进入轴向定子筒21,向轴向两端平均分流到两个轴向定子盘221、222,再分别经过轴向气隙71、72进入转子1,从转子1流出经过径向气隙81后进入径向磁极32,再流过径向定子轭31后回到永磁体6,从而形成闭合的偏置磁通91。在两个轴向控制线圈51、52中通入正向电流时,产生的轴向控制磁通92从一个轴向定子盘221流入轴向定子筒21,从轴向定子筒21流向另一个轴向定子盘222,然后经轴向气隙72至转子1,最后经轴向气隙71回到轴向定子盘221。由于偏置磁通91在一端的轴向气隙71中方向和轴向控制磁通92在轴向气隙71中方向相反,因此,偏置磁通91和轴向控制磁通92在一端的轴向气隙71中抵消,而在另一端的轴向气隙72中增强,从而产生向另一端的轴向悬浮力。当两个轴向控制线圈51、52中通入电流为负值时,一端的轴向气隙71中偏置磁通91与轴向控制磁通92叠加,另一端的轴向气隙72中的偏置磁通92与轴向控制磁通92抵消,从而产生向轴向一端的轴向悬浮力。因此,通过控制两个轴向控制线圈51、52中电流的大小和正负就能控制轴向悬浮力的大小和方向。

[0024] 如图6所示,永磁体6产生的偏置磁通91从转子1经过径向气隙81进入径向磁极321、322、323、324、325、326。当径向控制线圈41和径向磁极44通入正电流时,径向磁极321和径向控制线圈41这一侧产生的径向控制磁通93方向和偏置磁通91方向相同,偏置磁通91和径向控制磁通93叠加,而正对面的径向磁极324和径向控制线圈44这一侧产生的径向控制磁通93方向和偏置磁通91方向相反,偏置磁通91和径向控制磁通93抵消,从而产生沿径

向磁极321的径向悬浮力,当径向控制线圈41和径向控制线圈44通入负电流时的结果与当径向控制线圈41和径向磁极44通入正电流时相反,产生向反的径向悬浮力。同理,在径向控制线圈42和径向控制线圈45中通入电流可以产生沿径向磁极322或径向磁极325方向的径向悬浮力,在径向控制线圈43和径向控制线圈46中通入电流可以产生沿径向磁极323或者径向磁极326方向的径向悬浮力。因此,通过控制径向控制线圈41、42、43、44、45、46中的电流就可以产生各个方向大小不同的径向悬浮力。

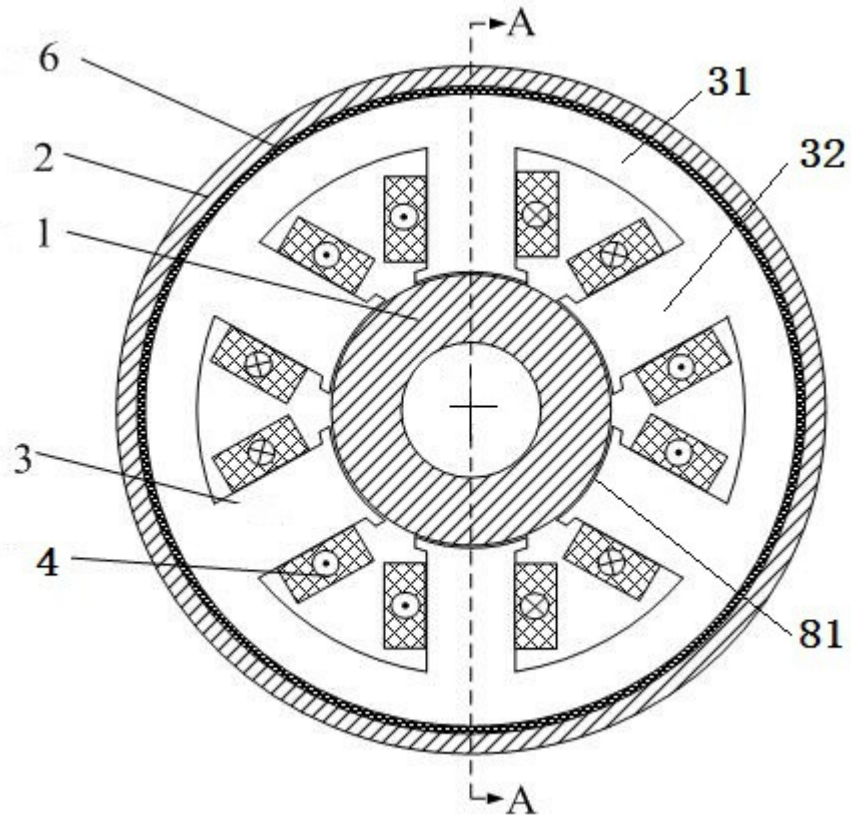


图1

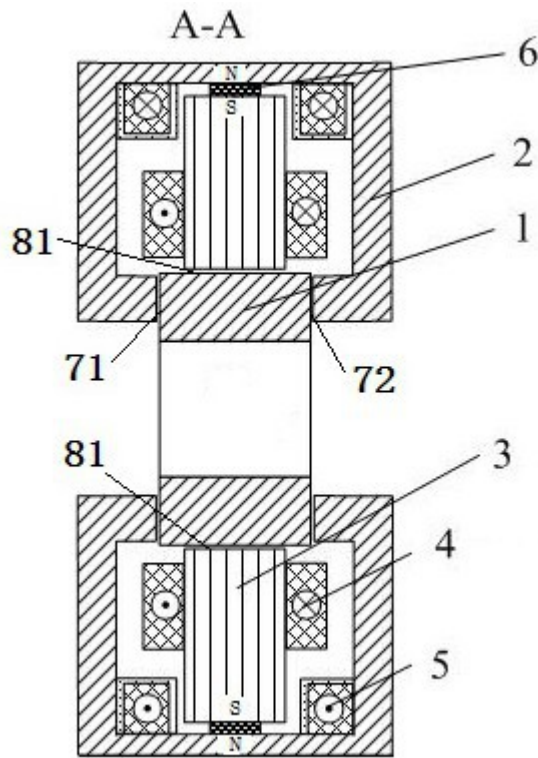


图2

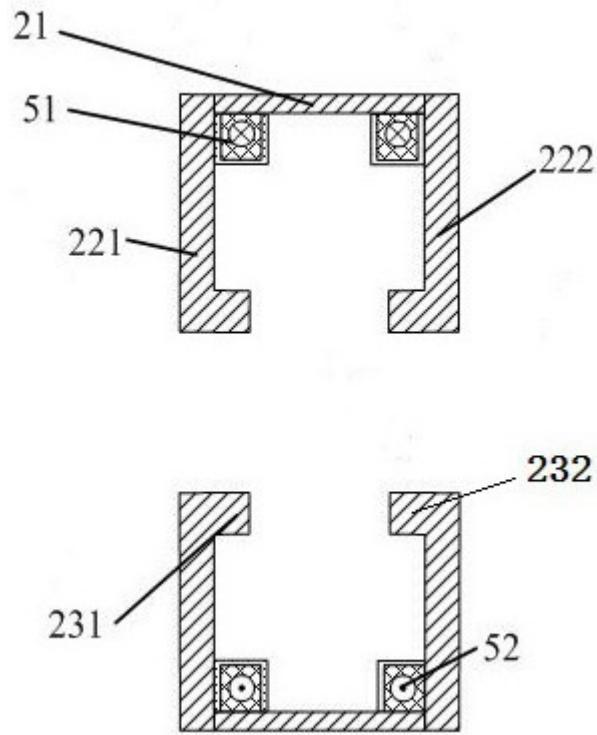


图3

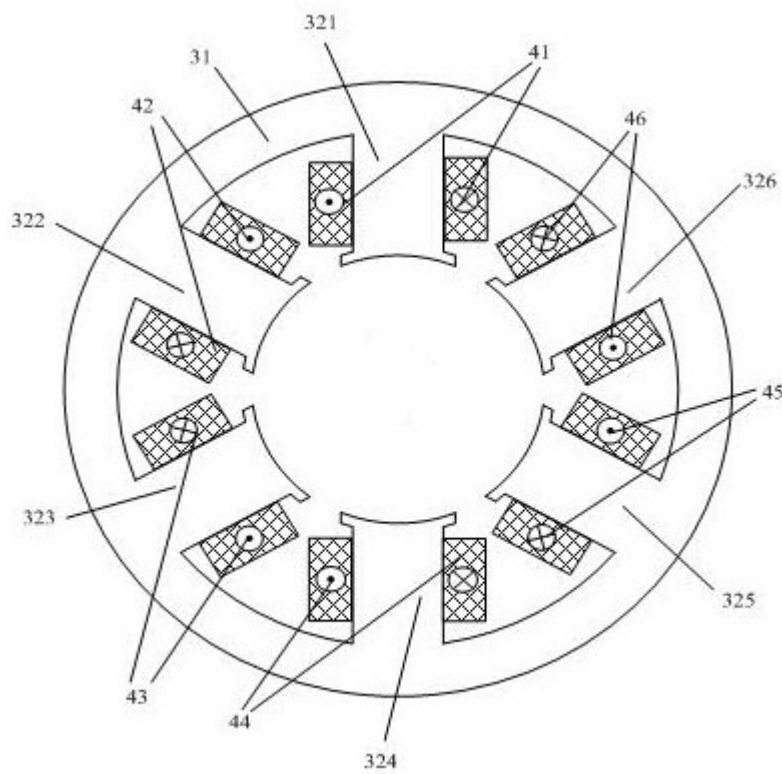


图4

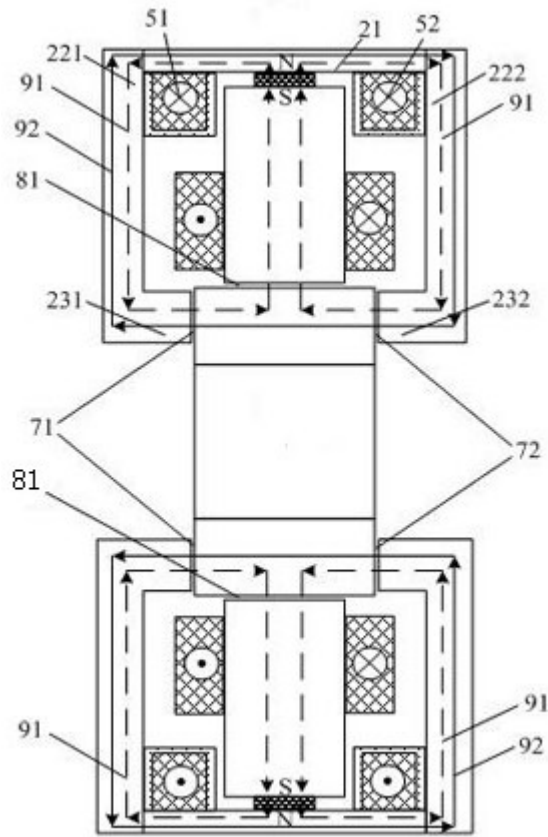


图5

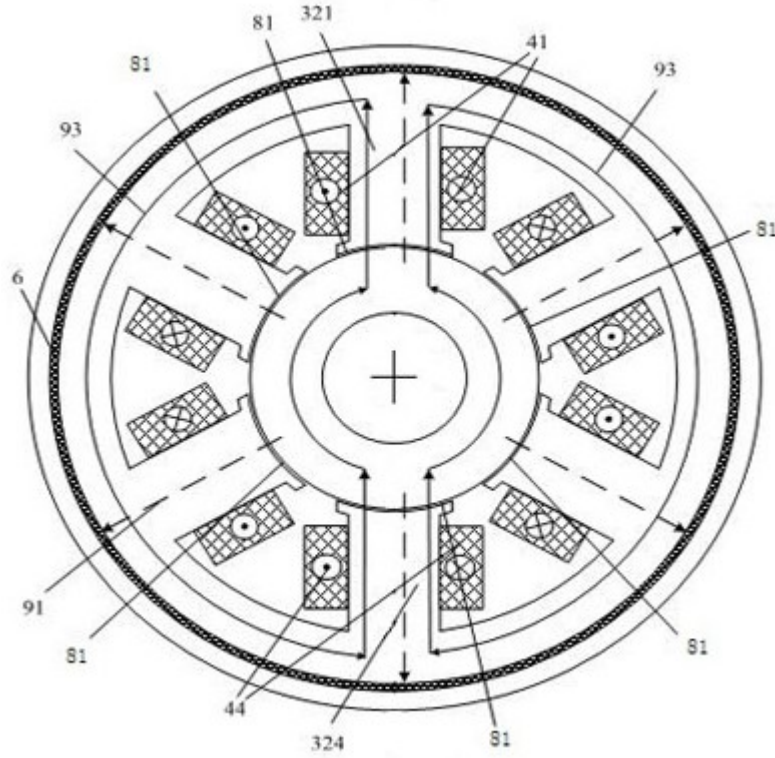


图6