

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201846217 U

(45) 授权公告日 2011. 05. 25

(21) 申请号 201020601896. 6

(22) 申请日 2010. 11. 11

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 房淑华 林鹤云 金平 汪先兵

郭立家

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

H02K 41/03(2006. 01)

H02K 16/00(2006. 01)

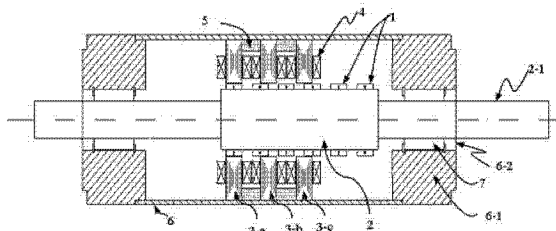
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 实用新型名称

直线旋转永磁作动器

(57) 摘要

本实用新型涉及一种直线旋转永磁作动器，其特征在于：该作动器包括定子(3)、与定子(3)连接的设有运动部件轴(2-1)的圆柱形运动部件(2)、贴于圆柱形运动部件(2)上表的永磁体阵列(1)和与圆柱形运动部件(2)连接的设有端部(6-1)的外壳(6)，定子(3)固定于外壳(6)，外壳(6)的端部(6-1)中间有开孔(6-2)，开孔(6-2)内嵌有套筒轴承(7)，套筒轴承(7)内固定圆柱形运动部件(2)的轴(2-1)；圆柱形运动部件(2)与轴心(2-1)同心。本结构使作动器能够使用简单的定子叠片，同时降低定子损耗。



1. 一种直线旋转永磁作动器,其特征在于:该作动器包括定子(3)、与定子(3)连接的设有运动部件轴(2-1)的圆柱形运动部件(2)、贴于圆柱形运动部件(2)上表的永磁体阵列(1)和与圆柱形运动部件(2)连接的设有端部(6-1)的外壳(6),定子(3)固定于外壳(6),外壳(6)的端部(6-1)中间有开孔(6-2),开孔(6-2)内嵌有套筒轴承(7),套筒轴承(7)内固定圆柱形运动部件(2)的轴(2-1);圆柱形运动部件(2)与轴心(2-1)同心;定子(3)在轴向至少包括三个相同的轴向单极定子,即第一轴向单极定子(3-a)、第二轴向单极定子(3-b)、第三轴向单极定子(3-c),且所述轴向单极定子均为硅钢片沿轴向叠片结构,在圆周方向,第一轴向单极定子(3-a)为凸极式且不少于六个齿,且采用集中绕组(4)的形式。

2. 根据权利要求1所述的直线旋转永磁作动器,其特征在于:永磁体阵列(1)中永磁体在圆柱形运动部件(2)表贴时以柱状分布,永磁体极性在旋转和轴向直线方向均互相交错排列。

3. 根据权利要求1直线旋转永磁作动器,其特征在于:永磁体阵列(1)在旋转方向的级数与第一轴向单极定子(3-a)上的齿数不等;永磁体阵列(1)在轴向直线方向的级数与对应的定子(3)在轴向直线方向上的齿数不等。

4. 根据权利要求1所述的直线旋转永磁作动器,其特征在于:轴向单极定子间采用非导磁分隔块(5)分隔,固定于外壳(6)上。

5. 根据权利要求1所述的直线旋转永磁作动器,其特征在于:定子(3)在圆周方向包含6个相同的圆周方向单极定子,且均为硅钢片沿圆周方向叠片结构,在轴向,圆周方向单极定子为凸极式且不少于3个齿,采用集中绕组(4)的形式。

## 直线旋转永磁作动器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种作动器,特别涉及一种单径向磁路直线旋转永磁作动器。

### 背景技术

[0002] 直线旋转运动是一种常见的运动形式,比如最常见的螺丝旋转、电钻钻头。直线旋转电磁驱动机构是驱动直线旋转运动系统的一种重要方式,可参见美国专利号为 US 3441819,专利名称为往复线性电机 (reciprocating linear motor),美国专利号为 US 3453510,专利名称为线性-旋转直接驱动式电机和控制系统 (Linear and rotary direct currentstepping motors and control system)。这种直线旋转电磁驱动机构也是当前多自由度驱动机构研究中的一个重要方面。

[0003] 实现直线旋转驱动的最简单的解决方案法是使用两个独立作动器,第一个为直线作动器,用于驱动直线运动,第二个为旋转作动器,用于驱动旋转运动。直线作动器和旋转作动器的组合有两种方式,共轴方式和不共轴方式。中国专利号为 CN 200680043229,名称为具有内置式直线-旋转直接驱动装置的塑料注射成型机,提供了一种共轴方式的直线旋转两自由度的注塑成型机,它由分立的直线作动器和旋转作动器简单组合而成,旋转作动器套在直线作动器之内。美国专利号为 US 4806068,名称为用于机器人的旋转直线作动器 (Rotarylinear actuator for use in robotic manipulators) 提供了一种不共轴方式的用于机器人的直线旋转作动器,直线作动器推动连接部位实现直线运动,同时,连接部位在旋转电机的转动下实现旋转运动。这两种结构的共同缺点是直线驱动器与旋转驱动器相互独立,体积大、可靠性差,协调控制复杂,不易实现精确控制,同时永磁的利用不完全。此外,每个驱动器需要一个独立电源,增加了电源的数量。

[0004] 为了避免使用两个作动器实现螺旋运动带来的缺点,也可以使用一种螺旋直驱的方式 (Y.Fujimoto, T.Kominami, H.Hamada. Development and Analysis of a High Thrust ForceDirect-Drive Linear Actuator[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2009, 56 (05) :1383-1392) 利用直线电机原理实现的螺旋驱动机构的解决方案,但是这样的螺旋运动由于固定了螺距,转子只能在固定的方向上作螺旋运动,用途受到限制。

[0005] 另一种解决方案是使用单个电磁机构来实现直线和旋转运动的直线旋转作动器,在旋转方向展开后类似于平面电机,而直线旋转作动器在单独做旋转运动时是一种旋转电机,可以连续的旋转运动而没有有限行程的限制。这种直线旋转作动器按照定转子结构现有两种主要拓扑方式,日本专利号为 JP 2004040894,名称为电磁式作动器 (Electromagnetic actuator) 和美国专利号为 US 20100060086,名称为用于双方向定位的具有位置译码器的驱动机构 (Driving mechanism having position encoder for two-dimensional positioning) 所提供的单定子单运动部件直线旋转作动器和双定子单运动部件直线旋转作动器。双定子单运动部件直线旋转作动器有两种电源驱动方式,一种是内外定子分别提供直线和旋转的驱动。另一种是欧洲专利号为 EP 1780878,名称为紧凑

型直线旋转作动器 (Compact linear and rotary actuator) 中提出的内外定子同时提供直线和旋转的驱动。第一种驱动方式与采用两个驱动器有类似之处, 不同点在于: 虽然直线和旋转电机共用运动部件使电机结构更趋紧凑, 但是由于两个定子中不同方向的磁场交汇于运动部件, 运动部件上的磁场极其复杂, 很难进行分析和控制。第二种驱动方式虽然可以增加运动部件和定子表面的相互作用, 提供更大的推力和扭矩, 但是机构过于复杂, 定子部分须为钟形, 制造、安装的难度都很大, 并且运动部件直线方向上的位移极其有限的。

[0006] 在上述三种直线旋转运动的驱动方案中, 第一种使用两个驱动器的方案需要两个电机, 并且传动机构复杂, 体积庞大; 第二种螺旋驱动机构驱动方式不灵活, 只能做固定的螺旋运动; 第三种直线旋转电机方案虽然定子略为复杂, 但是无论从拓扑结构的紧凑性还是运动的定位精度都具有明显的优势, 是一种极具发展前景的多自由度驱动机构。

[0007] 单定子单运动部件直线旋转作动器虽然不如双定子单运动部件直线旋转作动器功率密度高, 但是由于直线方向上的线性位移没有限制, 以及制造的简单, 使其具有更加广泛的应用前景。

[0008] 目前的单定子单运动部件直线旋转作动器一般采用日本专利号为 JP 62-40052, 名称为旋转 - 轴向直线运动合成型电机 (Rotary and axial linear motion combination typemotor) 和中国专利号为 CN 200810042746, 名称为双径向磁场反应式直线旋转步进电机中的定子中的磁场具有直线旋转两个径向的形式, 理论上虽然可以在定子磁轭的区域有更多的导磁面积, 但是这样的复杂磁场严重的增加了定子加工的难度, 特别是硅钢片的叠片十分困难, 从而增加了定子损耗。

## 发明内容

[0009] 技术问题: 本实用新型的目的在于提出一种直线旋转永磁作动器, 使作动器能够使用简单的定子叠片结构, 同时降低定子损耗。

[0010] 技术方案: 为解决上述技术问题, 本实用新型提供的技术方案为: 一种直线旋转永磁作动器, 该作动器包括定子、与定子连接的设有运动部件轴的圆柱形运动部件、贴于圆柱形运动部件上表的永磁体阵列和与圆柱形运动部件连接的设有端部的外壳, 定子固定于外壳上, 外壳的端部中间有开孔, 开孔内嵌有套筒轴承, 套筒轴承内固定圆柱形运动部件的轴; 圆柱形运动部件与轴同心;

[0011] 定子在轴向至少包括三个相同的轴向单极定子, 即第一轴向单极定子、第二轴向单极定子、第三轴向单极定子, 且所述轴向单极定子均为硅钢片沿轴向叠片结构, 在圆周方向, 第一轴向单极定子为凸极式且不少于六个齿, 且采用集中绕组的形式。

[0012] 优选的, 永磁体阵列中永磁体在圆柱形运动部件表贴时以柱状分布, 永磁体极性在旋转和轴向直线方向均互相交错。

[0013] 优选的, 永磁体阵列在旋转方向的级数和第一轴向单极定子上的齿数不等; 永磁体阵列在轴向直线方向的级数和对应的定子在轴向直线方向上的齿数不等。

[0014] 优选的, 轴向单极定子间采用非导磁分隔块分隔, 固定于外壳上。

[0015] 优选的, 定子在圆周方向包含 6 个相同的圆周方向单极定子, 且均为硅钢片沿圆周方向叠片结构, 在轴向, 圆周方向单极定子为凸极式且不少于 3 个齿, 采用集中绕组的形式。

[0016] 有益效果：本实用新型提供的单径向磁路的直线旋转永磁作动器具有结构简单，易于加工，定子可以采用硅钢片叠片构成，降低损耗；进一步的，单径向磁路结构简单，易于进行作动器的控制。

#### 附图说明

[0017] 图 1 为实用新型明沿圆周径向磁场的直线旋转永磁作动器沿轴向剖面示意图；

[0018] 图 2 为沿圆周径向磁场的直线旋转永磁作动器沿径向剖面示意图；

[0019] 图 3 为沿圆周径向磁场的直线旋转永磁作动器的部分剖面三维示意图；

[0020] 图 4 为本发明沿轴径向磁场的直线旋转永磁作动器沿轴向剖面示意图；

[0021] 图 5 为沿轴径向磁场的直线旋转永磁作动器沿径向剖面示意图；

[0022] 图 6 为沿轴径向磁场的直线旋转永磁作动器的部分剖面三维示意图。

[0023] 图 7 为单径向磁路的直线旋转永磁作动器的绕组展开图；

[0024] 其中有：永磁体阵列 1，圆柱形运动部件 2，运动部件轴 2-1，定子 3，第一轴向单极定子 3-a，第二轴向单极定子 3-b，第三轴向单极定子 3-c；集中绕组 4，非导磁分隔块 5，外壳 6，外壳端部 6-1，外壳端部开孔 6-2，套筒轴承 7。

#### 具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本实用新型做进一步说明。

[0026] 本实用新型提供的直线旋转永磁作动器，如图 1-7 所示，其主要包括永磁体阵列 1、圆柱形运动部件 2、定子 3，集中绕组 4、非导磁分隔 5、外壳 6、套筒轴承 7。

[0027] 该作动器包括定子 3、与定子 3 连接的设有运动部件轴 2-1 的圆柱形运动部件 2、贴于圆柱形运动部件 2 上表的永磁体阵列 1 和与圆柱形运动部件 2 连接的设有端部 6-1 的外壳 6，定子 3 固定于外壳 6 上，外壳 6 的端部 6-1 中间有开孔 6-2，开孔 6-2 内嵌有套筒轴承 7，套筒轴承 7 内固定圆柱形运动部件 2 的轴 2-1；圆柱形运动部件 2 与轴 2-1 同心；

[0028] 定子 3 在轴向至少包括三个相同的轴向单极定子，即第一轴向单极定子 3-a、第二轴向单极定子 3-b、第三轴向单极定子 3-c，且所述轴向单极定子均为硅钢片沿轴向叠片结构，在圆周方向，第一轴向单极定子 3-a 为凸极式且不少于六个齿，且采用集中绕组 4 的形式。

[0029] 永磁体阵列 1 中永磁体在圆柱形运动部件 2 表贴时以柱状分布，永磁体极性在旋转和轴向直线方向均互相交错。

[0030] 永磁体阵列 1 在旋转方向的级数和第一轴向单极定子 3-a 上的齿数不等；永磁体阵列 1 在轴向直线方向的级数和对应的定子 3 在轴向直线方向上的齿数不等。

[0031] 轴向单极定子间采用非导磁分隔块 5 分隔，固定于外壳 6 上。

[0032] 定子 3 在圆周方向包含 6 个相同的圆周方向单极定子，且均为硅钢片沿圆周方向叠片结构，在轴向，圆周方向单极定子为凸极式且不少于 3 个齿，采用集中绕组 4 的形式。

[0033] 具体而言，在机壳 6 内，固定有定子 3，定子 3 由 3 个相同的轴向单极定子 3-a、3-b、3-c 构成，轴向单极定子之间采用非导磁分隔块 5 分隔，轴向单极定子为凸极结构，凸极齿上绕有集中绕组 4；在外壳 6 的端部 6-1 中间有开孔 6-2，孔 6-2 内嵌有套筒轴承 7，套筒轴承 7 内固定圆柱形运动部件 2 的轴 2-1；圆柱形运动部件 2 与轴 2-1 同心，位于机壳 6 内部，

圆柱形运动部件 2 上表贴有永磁体阵列 1, 在旋转和轴向直线方向极性均互相交错。

[0034] 定子 3 在轴向至少包括三个相同的轴向单极定子, 即第一轴向单极定子 3-a、第二轴向单极定子 3-b、第三轴向单极定子 3-c, 且所述轴向单极定子均为硅钢片沿轴向叠片结构, 在圆周方向, 第一轴向单极定子 3-a 为凸极式且不少于六个齿, 且采用集中绕组 4 的形式。

[0035] 永磁体阵列 1 中永磁体在圆柱形运动部件 2 表贴时以柱状分布, 永磁体极性在旋转和轴向直线方向均互相交错。

[0036] 永磁体阵列 1 在旋转方向的级数和第一轴向单极定子 3-a 上的齿数不等; 永磁体阵列 1 在轴向直线方向的级数和对应的定子 3 在轴向直线方向上的齿数不等。

[0037] 轴向单极定子间采用非导磁分隔块 5 分隔, 固定于外壳 6 上。

[0038] 定子 3 在圆周方向包含 6 个相同的圆周方向单极定子, 且均为硅钢片沿圆周方向叠片结构, 在轴向, 圆周方向单极定子为凸极式且不少于 3 个齿, 采用集中绕组 4 的形式。

[0039] 需要直线运动时, 绕组中取电流, 其中,  $I_{\max}$  为电流峰值,  $\omega_m$  为直线同步角频率,  $\gamma_n$  和  $\gamma_m$  分别为旋转和直线方向电流的初始相位,  $\theta_n$  和  $z_m$  均取  $0, 2\pi/3$  和  $-2\pi/3$ 。n 为沿旋转方向的定子齿 A、B 和 C, m 为沿直线方向的定子齿 a、b 和 c。此时能流沿图 7 中的 z 方向。

[0040] 需要旋转运动时, 绕组中取电流  $i_{nm} = I_{\max} \cos(\omega_n t + \theta_n + \gamma_n) \cos(z_m + \gamma_m)$ , 其中,  $\omega_n$  为旋转同步角频率。此时能流沿图 7 中的  $\theta$  方向。

[0041] 需要同步螺旋运动时, 绕组中取电流  $i_{nm} = I_{\max} \cos(\omega_{nm} t + \theta_{nm} + \gamma_{nm})$ , 其中  $\omega_{nm} t = p\theta = \frac{2\pi}{\tau} z$ ,  $\theta_{nm} = (n+m) \cdot 2\pi/3$ 。此时能流沿图 7 中的 diag 方向。

[0042] 图 4 所示的一种沿轴径向磁路直线旋转两自由度永磁作动器, 这种作动器的圆柱形运动部件 2 与图 1 相同, 定子沿轴构成径向磁路。

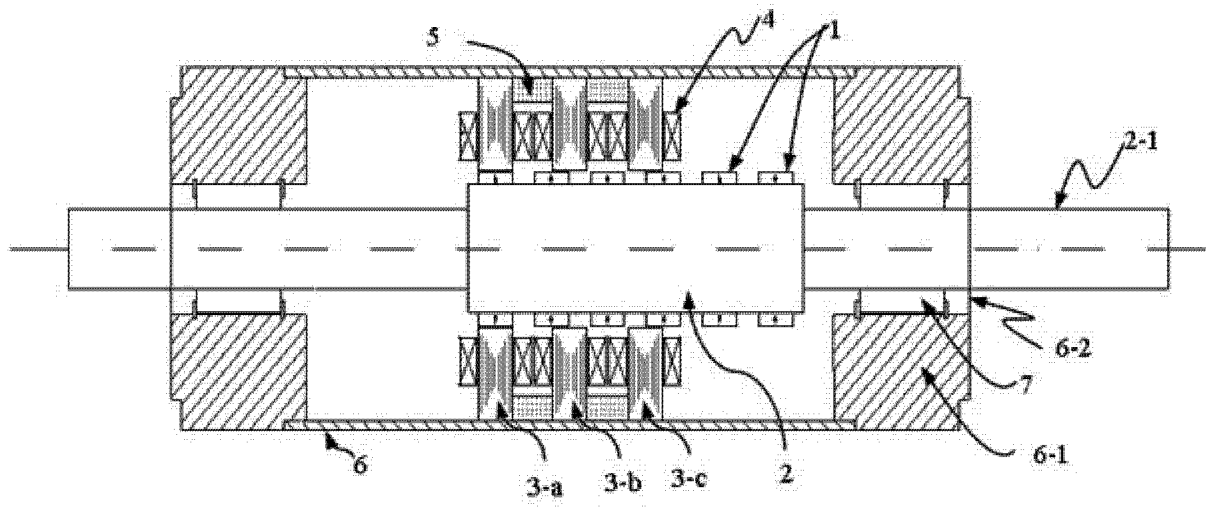


图 1

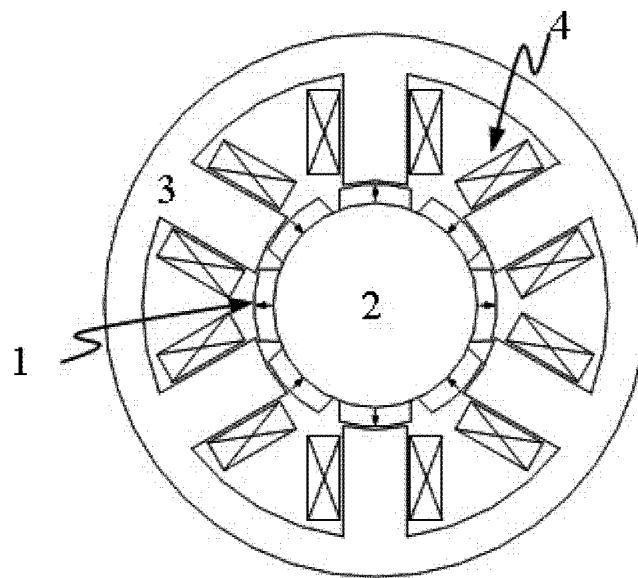


图 2

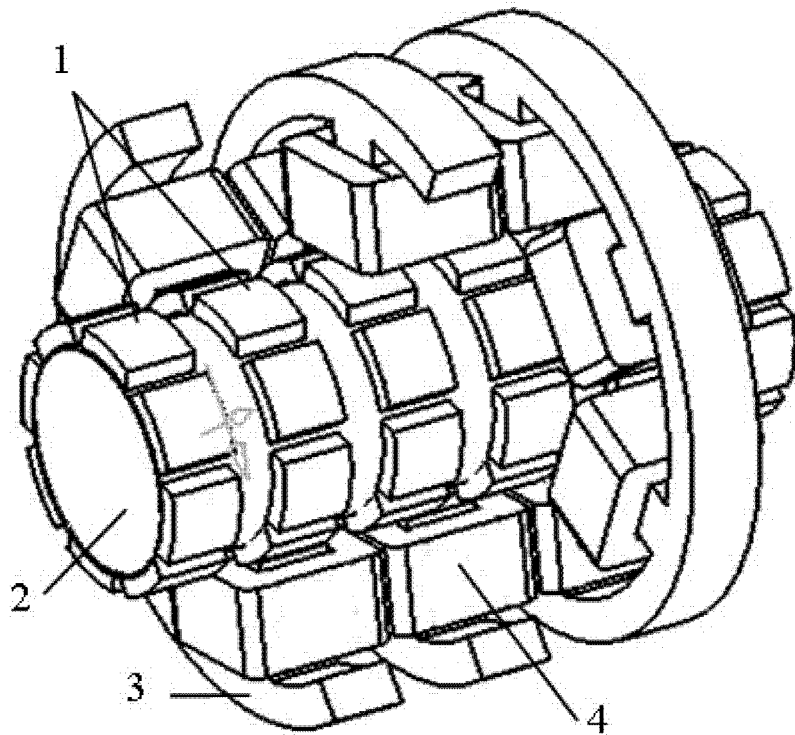


图 3

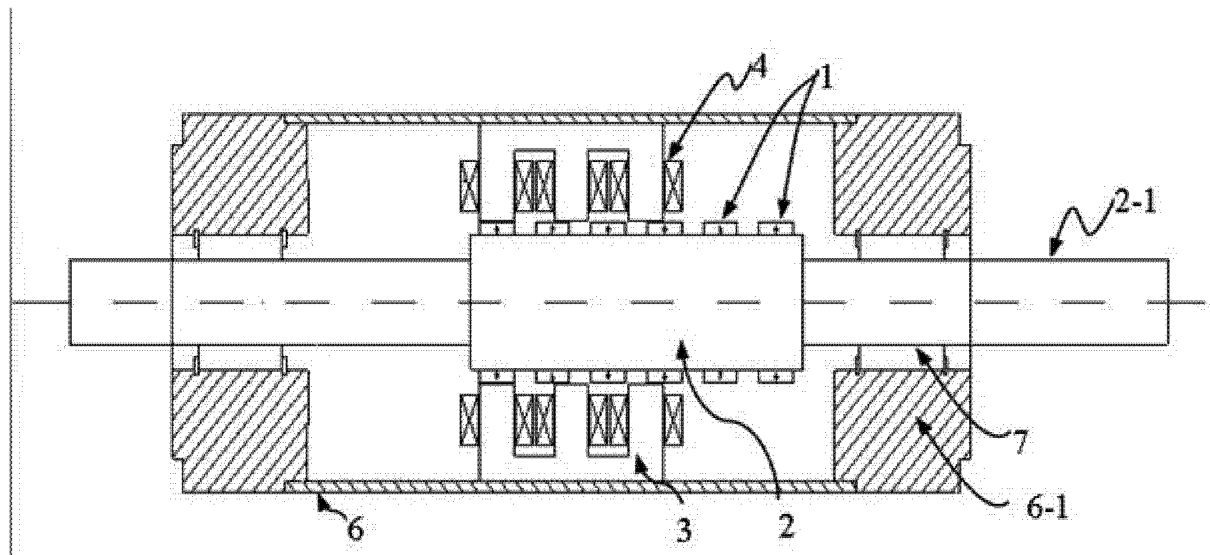


图 4



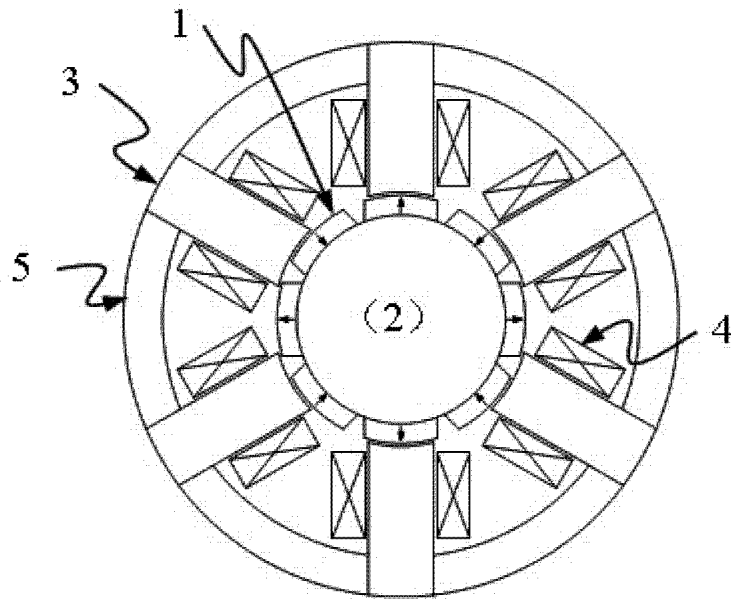


图 5

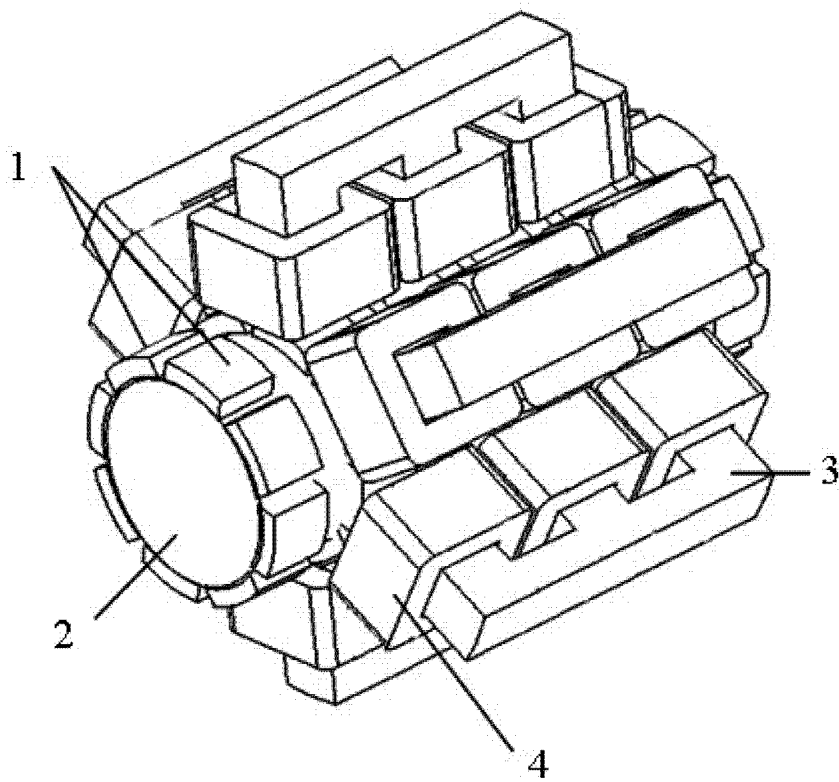


图 6

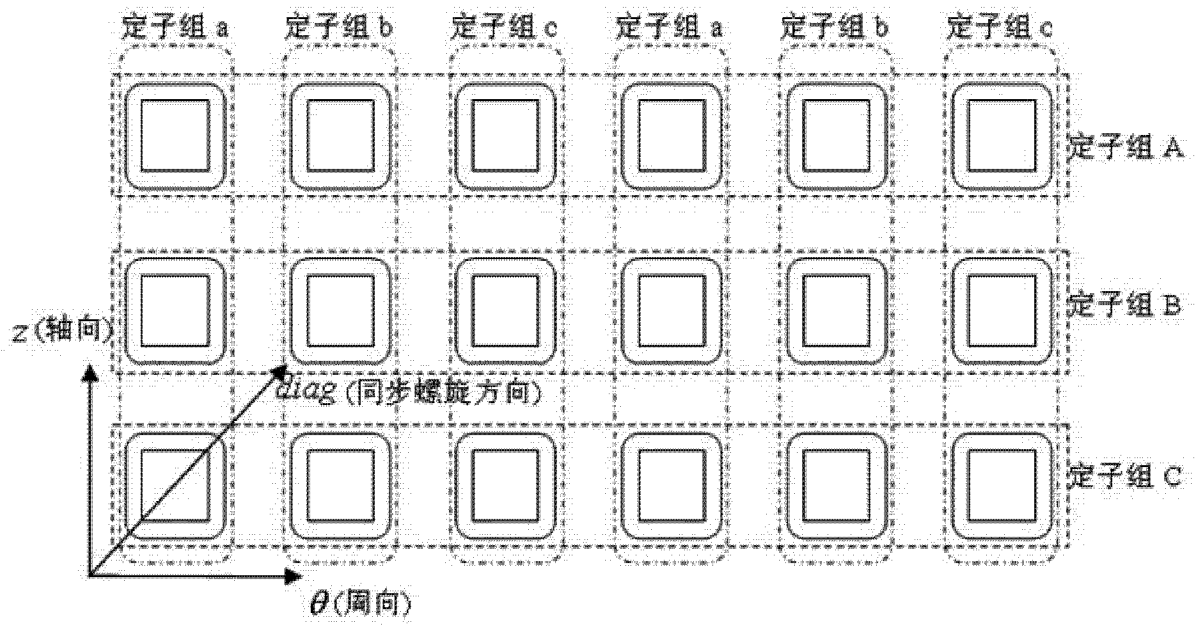


图 7