



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112332708 B

(45) 授权公告日 2021.10.08

(21) 申请号 202011015788.5

(22) 申请日 2020.09.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112332708 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(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 杨泽斌 叶小婷 丁琪峰 孙晓东

卢承领 吴家杰 梅海涛

(51) Int.Cl.

H02N 15/00 (2006.01)

H02K 3/28 (2006.01)

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 1/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108712047 A, 2018.10.26

CN 108712048 A, 2018.10.26

CN 107134881 A, 2017.09.05

CN 102315737 A, 2012.01.11

US 5880549 A, 1999.03.09

审查员 陆菲

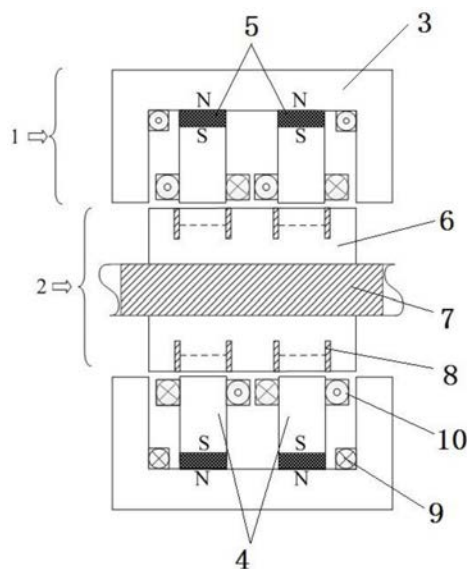
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机

(57) 摘要

本发明公开了一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机,包括定子和转子,定子是由从外到内依次排列的轴向定子铁芯、永磁环、电机定子铁芯、隔磁铝块、转矩铁芯,转矩铁芯通过隔磁铝块与电机定子铁芯相连,电机定子铁芯通过永磁环与轴向定子铁芯相连,每个电机定子铁芯内侧均匀分布三个悬浮齿,悬浮齿上绕制径向悬浮绕组,每个转矩铁芯内侧设有两个转矩齿,转矩齿上绕制转矩绕组,轴向悬浮绕组位于电机定子铁芯与轴向定子铁芯之间,且靠近轴向定子铁芯内侧;转子包括转轴与转子铁芯,转子铁芯为圆柱形,与电机定子铁芯正对且与电机定子铁芯等宽的转子铁芯表面设有均匀分布的转子齿,等宽的转子铁芯两侧分别设置有未贯穿转子铁芯的隔磁铝环。



1. 一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 包括定子(1)和转子(2), 所述转子(2)同轴套装在定子(1)内部; 转子(2)包括转轴(7)和转子铁芯(6), 转子铁芯(6)为圆柱形且转子铁芯(6)套装在转轴(7)的外部; 在转子铁芯(6)的外壁上间隔一段距离设有两组相同的转子齿, 在每组转子齿的两侧分别设置有未贯穿转子铁芯(6)的隔磁铝环(8);

定子(1)包括轴向定子铁芯(3)、永磁环(5)、电机定子铁芯(4)、隔磁铝块(11)和转矩铁芯(12); 所述电机定子铁芯(4)设有2个, 且每个电机定子铁芯(4)均通过永磁环(5)与轴向定子铁芯(3)内壁连接; 2个电机定子铁芯(4)分别与转子铁芯(6)上的2个转子齿相对设置; 在两个电机定子铁芯(4)的最外侧, 且靠近轴向定子铁芯(3)内壁的两端分别设置有相串联的轴向悬浮绕组(9); 每个电机定子铁芯(4)的内侧均匀分布3个悬浮齿(13), 且悬浮齿(13)上绕制径向悬浮绕组(10); 在每个电机定子铁芯(4)的内侧与悬浮齿(13)交错、均匀布置3个转矩铁芯(12), 每个转矩铁芯(12)均通过隔磁铝块(11)与电机定子铁芯(4)的内壁连接, 每个转矩齿(14)上绕制转矩绕组; 两两相邻的悬浮齿(13)之间互差 120° , 悬浮齿(13)的弧度均大于 15° ; 转矩齿(14)的弧度均为 15° 。

2. 根据权利要求1所述的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 永磁环(5)和电机定子铁芯(4)的宽度与转子铁芯(6)的转子齿宽度相同。

3. 根据权利要求1所述的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 每组转子齿沿周向均布有12个齿。

4. 根据权利要求1所述的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 径向悬浮绕组(10)为三相对称悬浮绕组, 且径向悬浮绕组(10)为星形连接; 所述转矩齿(14)上均绕制转矩绕组, 同一个所述转矩铁芯(12)上的一对转矩齿(14)的转矩绕组反向串联为一相。

5. 根据权利要求1所述的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 所述电机定子铁芯(4)、轴向定子铁芯(3)的内径相同, 所述轴向定子铁芯(3)的内侧与转子铁芯(6)的外侧轴向对齐。

6. 根据权利要求1所述的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机, 其特征在于, 电机定子铁芯(4)、6个转矩铁芯(12)、转子齿均由硅钢片叠压而成, 轴向定子铁芯(3)与去除转子齿之外的转子铁芯(6)部分由整块导磁材料制成。

一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机制造领域,尤其是轴向长度短、高临界转速的一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机。

背景技术

[0002] 磁悬浮开关磁阻电机是一种新型高速特种电机,要实现磁悬浮开关磁阻电机转子稳定悬浮,必须在径向四个自由度和轴向单自由度上同时施加主动控制力。传统的五自由度磁悬浮开关磁阻电机通常有以下三种结构:

[0003] 1、采用1个轴承磁轴承和2个两自由度磁悬浮开关磁阻电机构成;

[0004] 2、采用一个轴向磁轴承、1个径向磁轴承和一个两自由度磁悬浮开关磁阻电机构成;

[0005] 3、采用1个三自由度径向-轴向磁轴承和1个磁悬浮开关磁阻电机构成;

[0006] 这三种结构均需单独采用轴向磁轴承,增大了系统轴向长度,降低了系统临界转速,限制了转速和功率的进一步提升,并且传统的磁悬浮开关磁阻电机每个定子齿上均绕制两套绕组,即悬浮绕组和转矩绕组,且两套绕组极对数必须满足加减一的关系,通过协调控制转矩绕组和悬浮绕组电流,同时产生转矩和悬浮力,转矩控制和悬浮控制之间存在强耦合。

[0007] 发明专利号:201610399393.7,专利名称:一种集成化的五自由度磁悬浮直驱电机;发明专利号:201610399391.8,专利名称:一种一体化结构的五自由度磁悬浮电机,这两种五自由度磁悬浮电机都是采用两个轴向磁化的永磁体提供偏置磁通,但是轴向部分采用“E”形结构,左侧和右侧轴向悬浮绕组在“E”形结构之间形成闭合路径,且需经过控制圆盘,轴向空间利用率低,轴向悬浮力较小。发明专利申请号:201710283920.2,专利名称:一种五自由度混合励磁磁悬浮开关磁阻电机,该结构为双径向气隙结构,轴向被动悬浮,径向主动悬浮,仅适用于对轴向悬浮力要求较小的场合,且这种结构在转子处于平衡位置时,转子仍会受到一侧轴向力的作用。为解决上述结构的缺陷,发明一种轴向和径向主动控制,轴向空间利用率高,轴向和径向悬浮无耦合,能够产生更大轴向悬浮力的五自由度磁悬浮开关磁阻电机。

发明内容

[0008] 为了解决现有技术中存在的不足,本发明提出了一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机,本发明所设计的五自由度磁悬浮开关磁阻电机具有体积小、结构紧凑、集成度高、临界转速更高、功率密度与悬浮力密度大、定子空间可绕制更多绕组、传感器安装与装配方便、悬浮与旋转无耦合、控制简单等优点,拓展了磁悬浮开关磁阻电机的应用领域。

[0009] 本发明所采用的技术方案为:

[0010] 一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机,包括定子和转子,所述转子同轴套装在定子内部;转子包括转轴和转子铁芯,转子铁芯为圆柱形且转子铁芯套装在转轴的外部;在转子

铁芯的外壁上间隔一段距离设有两组相同的转子齿,在每组转子齿的两侧分别设置有未贯穿转子铁芯的隔磁铝环;

[0011] 定子包括轴向定子铁芯、永磁环、电机定子铁芯、隔磁铝块和转矩铁芯;所述电机定子铁芯设有2个,且每个电机定子铁芯均通过永磁环与轴向定子铁芯内壁连接;2个电机定子铁芯分别与转子铁芯上的2个转子齿相对设置;在两个电机定子铁芯的最外侧,且靠近轴向定子铁芯内壁的两端分别设置有相串联的轴向悬浮绕组;每个电机定子铁芯的内侧均匀分布3个悬浮齿,且悬浮齿上绕制径向悬浮绕组;在每个电机定子铁芯的内侧与悬浮齿交错、均匀布置3个转矩铁芯,每个转矩铁芯均通过隔磁铝块与电机定子铁芯的内壁连接,每个转矩齿上绕制转矩绕组。

[0012] 进一步,永磁环和电机定子铁芯的宽度与转子铁芯的转子齿宽度相同。

[0013] 进一步,每组转子齿沿周向均布有12个齿。

[0014] 进一步,径向悬浮绕组为三相对称悬浮绕组,且径向悬浮绕组为星形连接;所述转矩齿上均绕制转矩绕组,同一个所述转矩铁芯上的一对转矩齿的转矩绕组反向串联为一相。

[0015] 进一步,两两相邻的悬浮齿之间互差 120° ,悬浮齿的弧度均大于 15° ;转矩齿的弧度均为 15° 。

[0016] 进一步,所述电机定子铁芯、轴向定子铁芯的内径相同,所述轴向定子铁芯的内侧与转子铁芯的外侧轴向对齐。

[0017] 进一步,电机定子铁芯、6个转矩铁芯、转子齿均由硅钢片叠压而成,轴向定子铁芯与去除转子齿之外的转子铁芯部分由整块导磁材料制成。

[0018] 本发明的有益效果:

[0019] 本发明提出的五自由度磁悬浮开关磁阻电机可有效减小电机系统体积与造价、结构紧凑,绕组空间大,位移传感器安装方便,功率密度大、悬浮力密度大,装配方便,且悬浮与旋转之间无耦合,控制简单。

附图说明

[0020] 图1是本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机轴向的三分之一剖视图;

[0021] 图2是本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机磁场流向示意图;

[0022] 图3是本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机第一组转子齿处的径向剖视图;

[0023] 图4是本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机第二组转子齿处的径向剖视图;

[0024] 图5为本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机X相转矩产生示意图。

[0025] 图6为本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机Y相转矩产生示意图。

[0026] 图7为本发明一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机Z相转矩产生示意图。

[0027] 图中,1、定子,2、转子,3、轴向定子铁芯,4、电机定子铁芯,5、永磁环,6、转子铁芯,7、转轴,8、隔磁铝环,9、轴向悬浮绕组,10、径向悬浮绕组,11、隔磁铝块,12、转矩铁芯,13、悬浮齿,14、转矩齿。

具体实施方式

[0028] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对

本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用于解释本发明,并不用于限定本发明。

[0029] 如图1、2所示,一种五自由度磁悬浮开关磁阻电机,包括定子1和转子2,所述转子2同轴套装在定子1内部。转子2包括转轴7和转子铁芯6,转子铁芯6为圆柱形且转子铁芯6套装在转轴7的外部;在转子铁芯6的外壁上间隔一段距离设有两组相同的转子齿,每组转子齿沿周向均布有12个齿,如图3中,第一组转子齿中的齿分别用 $R_{11} \sim R_{112}$ 示意,第二组转子齿中的齿分别用 $R_{r1} \sim R_{r12}$ 示意。在每组转子齿的两侧分别设置有未贯穿转子铁芯6的隔磁铝环8。

[0030] 定子1包括轴向定子铁芯3、永磁环5、电机定子铁芯4、隔磁铝块11和转矩铁芯12;所述电机定子铁芯4设有2个,且每个电机定子铁芯4均通过永磁环5与轴向定子铁芯3内壁连接;2个电机定子铁芯4分别与转子铁芯6上的2个转子齿相对设置,且永磁环5和电机定子铁芯4的宽度与转子铁芯6的转子齿宽度相同。在两个电机定子铁芯4的最外侧,且靠近轴向定子铁芯3内壁的两端分别设置有相串联的轴向悬浮绕组9。

[0031] 每个电机定子铁芯4的内侧均匀分布3个悬浮齿13,且悬浮齿13上绕制径向悬浮绕组10;如图所示,第一电机定子铁芯的悬浮齿13分别用 A_1 、 B_1 、 C_1 表示,第二电机定子铁芯的悬浮齿13分别用 A_r 、 B_r 、 C_r 表示;第一电机定子铁芯的悬浮齿13(A_1 、 B_1 、 C_1)和第二电机定子铁芯的悬浮齿13(A_r 、 B_r 、 C_r)上分别绕制径向悬浮绕组10,分别用(W_{A1} 、 W_{B1} 、 W_{C1})和(W_{Ar} 、 W_{Br} 、 W_{Cr})示意。径向悬浮绕组10为三相对称悬浮绕组,且径向悬浮绕组10为星形连接。

[0032] 在每个电机定子铁芯4的内侧与悬浮齿13交错、均匀布置3个转矩铁芯12,每个转矩铁芯12均通过隔磁铝块11与电机定子铁芯4的内壁连接。第一电机定子铁芯的转矩铁芯12分别用 X_1 、 Y_1 、 Z_1 表示,第二电机定子铁芯的转矩铁芯12分别用 X_r 、 Y_r 、 Z_r 表示;每个转矩铁芯12内侧分别设有两个转矩齿14,如图3中用(X_{11} 、 X_{12})、(Y_{11} 、 Y_{12})、(Z_{11} 、 Z_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})、(Y_{r1} 、 Y_{r2})、(Z_{r1} 、 Z_{r2})示意;每个转矩齿14上绕制转矩绕组,如(W_{X1} 、 W_{Y1} 、 W_{Z1})和(W_{Xr} 、 W_{Yr} 、 W_{Zr})。同一个转矩铁芯12上的一对转矩齿14的转矩绕组反向串联为一相

[0033] 更具体地,参见附图3,两两悬浮齿13之间互差 120° ,且悬浮齿13(A_1 、 A_r)与+x方向对齐。悬浮齿13的弧度均大于 15° ,且各所述转子齿弧度均为 15° ,且各转矩齿15弧度均为 15° ,每个转矩齿15的弧度均为 15° ;当悬浮齿(A_1 、 A_r)、悬浮齿(B_1 、 B_r)、悬浮齿(C_1 、 C_r)分别与转子齿(R_{112} 、 R_{r12})、转子齿(R_{14} 、 R_{r4})、转子齿(R_{18} 、 R_{r8})轴线对齐时,转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})分别逆时针超前转子齿(R_{11} 、 R_{12})和(R_{r1} 、 R_{r2})的角度为 10° ,转矩齿(Y_{11} 、 Y_{12})和(Y_{r1} 、 Y_{r2})分别逆时针滞后转子齿(R_{16} 、 R_{17})和(R_{r6} 、 R_{r7})的角度为 10° ,转矩齿(Z_{11} 、 Z_{12})和(Z_{r1} 、 Z_{r2})分别与转子齿(R_{110} 、 R_{111})和(R_{r10} 、 R_{r11})对齐。

[0034] 电机定子铁芯4和轴向定子铁芯3的内径相同,轴向定子铁芯3的内侧与转子铁芯6的外侧轴向对齐。

[0035] 隔磁铝环8的插入深度与轴向定子铁芯3内侧壁到电机定子铁芯4轴向外侧壁之间的距离相等。

[0036] 电机定子铁芯4、6个转矩铁芯(X_1 、 Y_1 、 Z_1)和(X_r 、 Y_r 、 Z_r)、转子齿($R_{11} \sim R_{112}$)和($R_{r1} \sim R_{r12}$)由硅钢片叠压而成,轴向定子铁芯3与去除转子齿之外的转子铁芯6部分由整块导磁材料制成。

[0037] 两个永磁环5用于提供静态偏置磁通,静态偏置磁通的磁路为:第一电机定子铁芯

处的磁通从左边的永磁环5的N极出发,通过轴向定子铁芯3的左侧,从转子铁芯6左侧顶角附近进入转子铁芯6、绕过隔磁铝环8依次进入 A_1 、 B_1 、 C_1 这三个悬浮齿13下的转子齿、气隙、悬浮齿13,最后回到永磁环5的S极;第二电机定子铁芯处的磁路为:磁通从右边的永磁环5的N极出发,通过轴向定子铁芯3的右侧,从转子铁芯6右侧顶角附近进入转子铁芯6、绕过隔磁铝环8依次进入 A_r 、 B_r 、 C_r 这三个悬浮齿13下的转子齿、气隙、定子悬浮齿13,回到永磁环5的S极。

[0038] 悬浮齿(A_1 、 B_1 、 C_1)上三相对称悬浮绕组通电产生径向悬浮磁通,径向悬浮磁通的磁路为:3个悬浮齿(A_1 、 B_1 、 C_1)、悬浮齿(A_1 、 B_1 、 C_1)下的转子齿、两者之间气隙、转子铁芯6、电机定子铁芯4轭部形成闭合路径;悬浮齿(A_r 、 B_r 、 C_r)上的径向悬浮磁通的磁路为:3个悬浮齿(A_r 、 B_r 、 C_r)、悬浮齿(A_r 、 B_r 、 C_r)下的转子齿、两者之间气隙、转子铁芯6、电机定子铁芯4轭部形成闭合路径。

[0039] 轴向悬浮绕组产生轴向悬浮磁通,轴向悬浮磁通的磁路为:轴向定子铁芯3、经过转子铁芯6的顶角附近进入转子铁芯6形成闭合路径,轴向和径向悬浮磁通分别调节相应的偏置磁通,形成径向和轴向悬浮力。永磁环5采用磁性能良好的稀土永磁体或铁氧体永磁体制成。

[0040] 如图5、6、7所示,当转子处于如图6状态下,绕组(W_{x1} 、 W_{xr})通电,在转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2}),转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})下的气隙、转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})下的转子齿之间形成闭合回路的磁通,由于转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})逆时针超前对应的转子齿 10° ,闭合磁通产生磁阻力使转子逆时针旋转 10° ,转矩齿(X_{11} 、 X_{12})和(X_{r1} 、 X_{r2})上的两个齿与转子齿对齐。而转矩齿(Y_{11} 、 Y_{12})和(Y_{r1} 、 Y_{r2})逆时针超前转子齿 10° ,然后绕组(W_{y1} 、 W_{yr})通电,使转子继续旋转 10° ,使转矩齿(Y_{11} 、 Y_{12})和(Y_{r1} 、 Y_{r2})与转子齿对齐后;绕组(W_{z1} 、 W_{zr})通电,使转子继续旋转 10° ,形成一个通电周期,实现转子连续不断地旋转。

[0041] 以上实施例仅用于说明本发明的设计思想和特点,其目的在于使本领域内的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施,本发明的保护范围不限于上述实施例。所以,凡依据本发明所揭示的原理、设计思路所作的等同变化或修饰,均在本发明的保护范围之内。

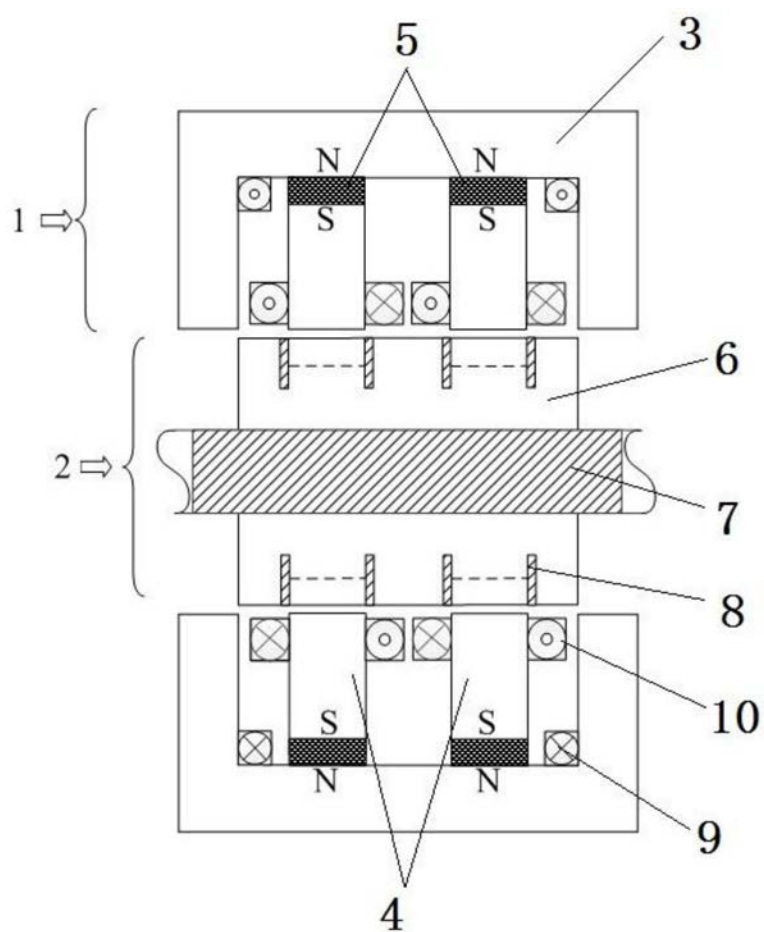


图1

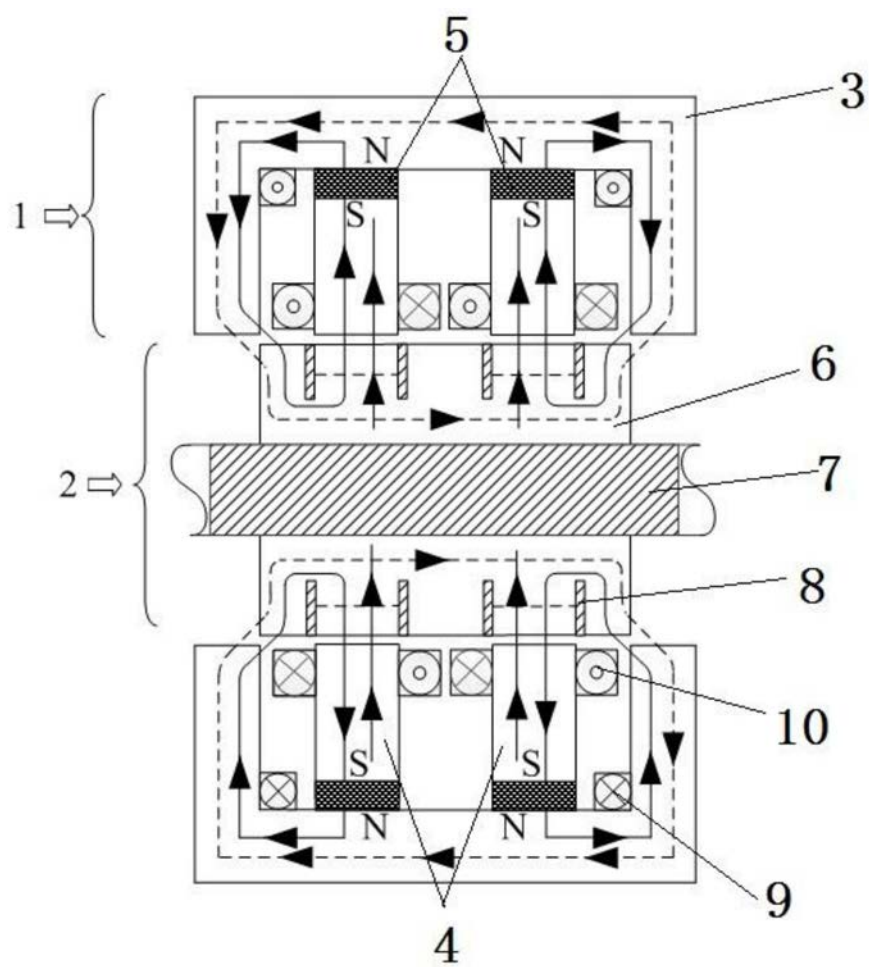


图2

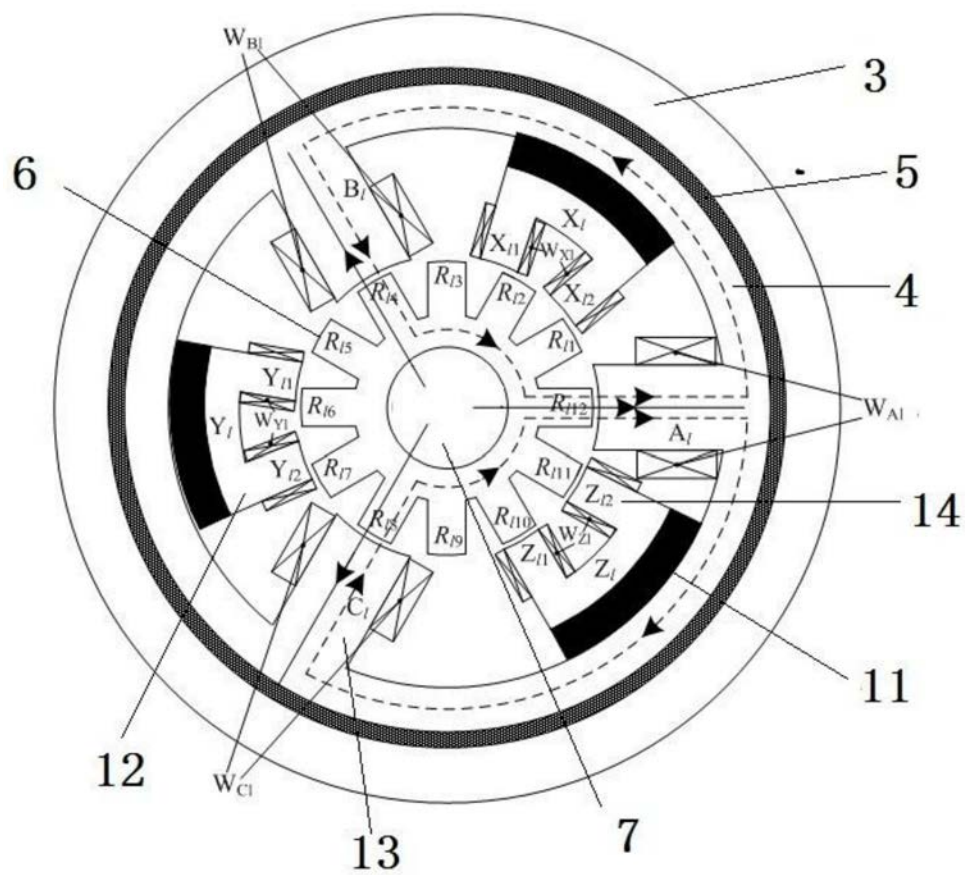


图3

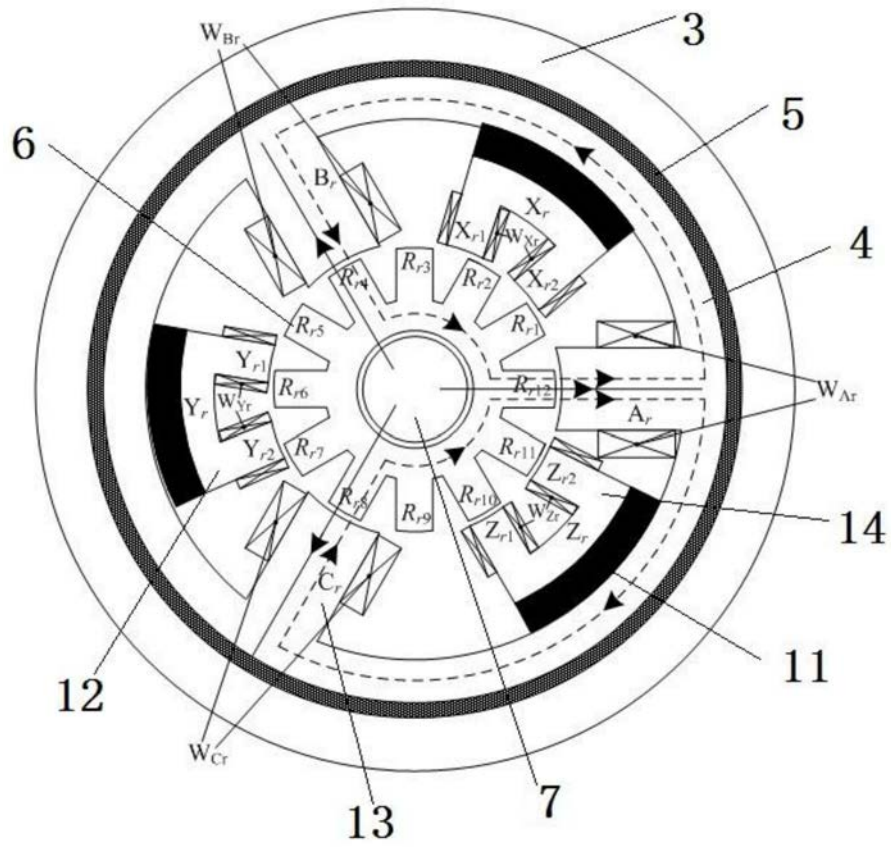


图4

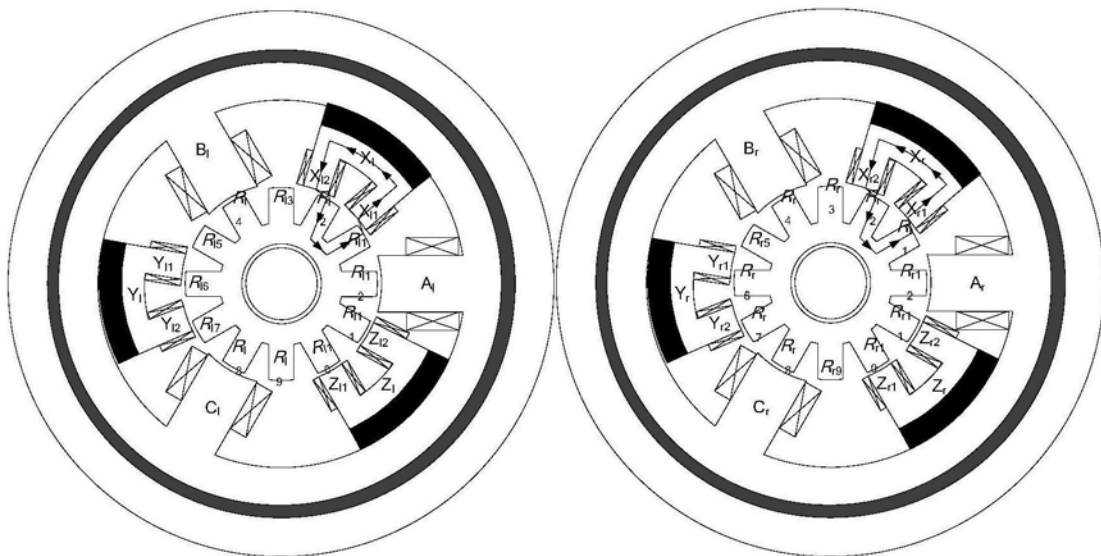


图5

