



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111211659 B

(45) 授权公告日 2021.10.19

(21) 申请号 202010025349.6

H02K 1/14 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.10

H02K 1/17 (2006.01)

H02K 3/28 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111211659 A

(43) 申请公布日 2020.05.29

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(56) 对比文件

CN 104506011 A, 2015.04.08

CN 110572003 A, 2019.12.13

CN 209562359 U, 2019.10.29

JP 2018064371 A, 2018.04.19

(72) 发明人 李烽 王凯 孙海阳 孔金旺

张琳 张建亚

审查员 张颖超

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

公司 32200

代理人 施昊

(51) Int. Cl.

H02K 16/02 (2006.01)

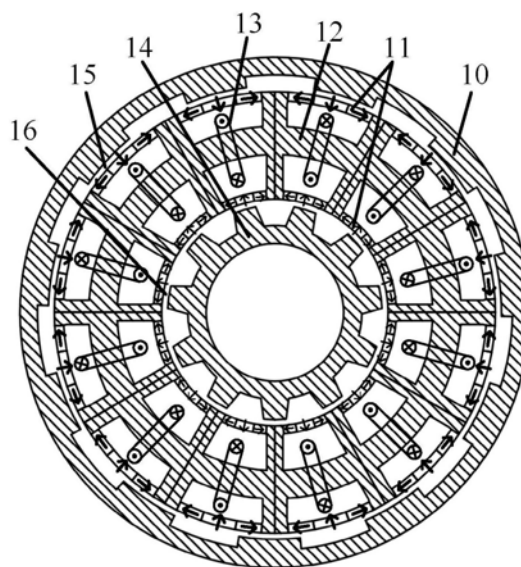
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机

(57) 摘要

本发明公开了一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机,包括内转子、外转子和若干个模块化定子,所有模块化定子依次拼接构成一个完整的定子,该定子位于内转子与外转子之间,且内转子和外转子分别与该定子形成独立的气隙;每个模块化定子沿径向开有内定子槽和外定子槽,定子槽的两侧为定子齿,内定子槽与外定子槽之间为定子轭部,每个模块化定子的定子轭部均有以环形方式绕制的电枢绕组,内定子槽和外定子槽的槽口处均设有永磁体,永磁体与相邻定子齿形成一对定子磁极。本发明克服了传统定子永磁型永磁电机端部绕组长,铜耗大,端部空间利用率低,电机转矩和功率密度低等缺点,有利于提高电机的效率。



1. 一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 包括内转子、外转子和若干个模块化定子, 所有模块化定子依次拼接构成一个完整的定子, 该定子位于内转子与外转子之间, 且内转子和外转子分别与该定子形成独立的气隙; 每个模块化定子沿径向开有内定子槽和外定子槽, 内定子槽靠近内转子, 外定子槽靠近外转子, 内定子槽和外定子槽的两侧为定子齿, 内定子槽与外定子槽之间为定子轭部, 每个模块化定子的定子轭部均有以环形方式绕制的电枢绕组, 内定子槽和外定子槽的槽口处均设有永磁体, 永磁体与相邻定子齿形成一对定子磁极; 内定子槽和外定子槽的槽口处分别放置若干块彼此紧贴且以Halbach方式充磁的永磁体, 且位于中间位置的各永磁体的充磁方向同时指向或同时背离定子轭部, 定子齿两侧的永磁体的充磁方向分别为指向该定子齿。

2. 根据权利要求1所述定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 电枢绕组以环形方式绕制在定子轭部且放置在相对的内、外定子槽里; 首先绕制每个模块化定子上的环形绕组, 然后安装槽口处的永磁体, 最后把所有模块化定子进行拼接; 或者首先绕制每个模块化定子上的环形绕组, 然后把所有模块化定子进行拼接, 最后安装槽口处的永磁体。

3. 根据权利要求1所述定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 内转子和外转子均为凸极转子, 内转子的外缘为带齿结构, 外转子的内缘为带齿结构。

4. 根据权利要求3所述定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 内转子齿与外转子齿的数目相等, 且每个内转子齿均与一个外转子齿相对设置。

5. 根据权利要求1所述定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 内转子与外转子的旋转角速度和旋转方向相同。

6. 根据权利要求1所述定子模块化环形绕组双转子永磁电机, 其特征在于: 相邻模块化定子的拼接处开有燕尾形槽。

一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机领域,特别涉及了一种永磁电机。

背景技术

[0002] 永磁电机由于稀土永磁材料的使用具备了高转矩密度、高功率密度和高效率等优点,特别适合航空航天、风力发电、电动车等领域。近年来,磁场调制永磁电机由于高转矩密度、高效率等优点受到了广泛的研究,非常适合低速直驱应用场合。定子永磁型磁场调制电机的定子静止磁场经过旋转的凸极转子调制后与电枢磁场相互作用可实现机电能量转换,然而定子磁场与旋转的凸极转子调制出的磁场极对数相对较小,如图1所示的传统磁场调制电机,该电机12对极的定子磁场经11个凸极转子齿调制出1对极的旋转磁场,为了实现机电能量转换定子电枢绕组需要采用1对极的绕组连接方式。如图1所示,传统的1对极绕组连接方式需要绕组线圈具有非常长的端部跨距,电机端部空间不能有效利用,增加了铜导线的用量,电机的铜耗相对增加,导致电机效率下降。

发明内容

[0003] 为了解决上述背景技术提到的技术问题,本发明提出了一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机。

[0004] 为了实现上述技术目的,本发明的技术方案为:

[0005] 一种定子模块化环形绕组双转子永磁电机,包括内转子、外转子和若干个模块化定子,所有模块化定子依次拼接构成一个完整的定子,该定子位于内转子与外转子之间,且内转子和外转子分别与该定子形成独立的气隙;每个模块化定子沿径向开有内定子槽和外定子槽,内定子槽靠近内转子,外定子槽靠近外转子,内定子槽和外定子槽的两侧为定子齿,内定子槽与外定子槽之间为定子轭部,每个模块化定子的定子轭部均有以环形方式绕制的电枢绕组,内定子槽和外定子槽的槽口处均设有永磁体,永磁体与相邻定子齿形成一对定子磁极。

[0006] 进一步地,内定子槽和外定子槽的槽口处分别放置若干块彼此紧贴且以Halbach方式充磁的永磁体,且位于中间位置的各永磁体的充磁方向同时指向或同时背离定子轭部。

[0007] 进一步地,电枢绕组以环形方式绕制在定子轭部且放置在相对的内、外定子槽里;首先绕制每个模块化定子上的环形绕组,然后安装槽口处的永磁体,最后把所有模块化定子进行拼接;或者首先绕制每个模块化定子上的环形绕组,然后把所有模块化定子进行拼接,最后安装槽口处的永磁体。

[0008] 进一步地,内转子和外转子均为凸极转子,内转子的外缘为带齿结构,外转子的内缘为带齿结构。

[0009] 进一步地,内转子齿与外转子齿的数目相等,且每个内转子齿均与一个外转子齿相对设置。

- [0010] 进一步地,内转子与外转子的旋转角速度和旋转方向相同。
- [0011] 进一步地,相邻模块化定子的拼接处开有燕尾形槽。
- [0012] 采用上述技术方案带来的有益效果:
- [0013] (1) 本发明将电枢绕组以环形方式绕制在定子轭部,可以看作是集中绕组,大大节约了电机的端部绕组,减小了电机端部绕组空间,该环形绕组具有传统分布绕组的绕组系数,可以实现低铜耗和高转矩密度;
- [0014] (2) 本发明采用模块化定子,可以先把环形绕组绕制在定子内外槽内,后在槽口安装永磁体,简化了电机的加工和转配过程,有利于批量化生产,降低了电机的加工成本;
- [0015] (3) 本发明将定子永磁体放置于槽口,有利于永磁体的散热,采用Halbach等具有聚磁效果的排列方式,有利于提高电机的转矩密度和电磁性能;
- [0016] (4) 本发明在模块化定子连接处开有燕尾槽,用于固定相邻的定子模块,增加整个电机系统的可靠性;
- [0017] (5) 本发明的内外转子采用凸极铁芯结构,转子机械强度大,特别适合复杂工况运行;
- [0018] (6) 本发明内外凸极转子采用齿齿相对的结构且电机定子和内外转子的磁路遵循最小磁阻原理;随着定转子相对位置的变化,永磁体发出的磁通不断切换其路径,内外转子每转过一个极时,电枢绕组匝链磁链会发生两次周期变化。

附图说明

- [0019] 图1是传统槽口放永磁体分布式绕组定子永磁型电机结构图;标号说明:1、定子轭部;2、电枢绕组;3、定子齿;4、永磁体;5、气隙;6、凸极铁芯转子;
- [0020] 图2是本发明实施例1的电机结构图;标号说明:10、外转子;11、永磁体;12、模块化定子;13、环形电枢绕组;14内转子;15-16、气隙;
- [0021] 图3是本发明实施例1中内定子槽口永磁体截面图;标号说明:7-9、3块Halbach充磁的永磁体;
- [0022] 图4是本发明实施例1中外定子槽口永磁体截面图;标号说明:17-19、3块Halbach充磁的永磁体;
- [0023] 图5是本发明中内外转子空间放置位置示意图;
- [0024] 图6是本发明中环形绕组连接图;标号说明:12、20-30、模块化定子;
- [0025] 图7是本发明电机内外定子三相绕组采用传统分布绕组的空载反电势图;
- [0026] 图8是本发明电机采用环形集中绕组的三相空载反电势图;
- [0027] 图9是本发明实施例2的电机结构图;标号说明:31、燕尾槽。

具体实施方式

- [0028] 以下将结合附图,对本发明的技术方案进行详细说明。
- [0029] 实施例1
- [0030] 如图2所示,本发明实施例1的结构为,包括内转子14、外转子10和若干个模块化定子12,所有模块化定子按照圆周方向依次拼接构成一个完整的定子,该定子位于内转子14与外转子10之间,且内转子14和外转子10分别与该定子形成独立的气隙16和15。每个模块

化定子沿径向开有内定子槽和外定子槽,内定子槽靠近内转子,外定子槽靠近外转子,定子槽的两侧为定子齿,内定子槽与外定子槽之间为定子轭部,每个模块化定子的定子轭部均有以环形方式绕制的电枢绕组13,内定子槽和外定子槽的槽口处均设有永磁体11,永磁体与相邻定子齿形成一对定子磁极。

[0031] 在本实施例中,如图3和图4所示,内定子槽的槽口处放置3块彼此紧贴且以Halbach方式充磁的永磁体7、8、9,外定子槽的槽口处放置3块彼此紧贴且以Halbach方式充磁的永磁体17、18、19。两槽口处中间位置的永磁体的充磁方向同时指向或同时背离定子轭部。通过调整内外槽口永磁体的极弧 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 和 θ_4 和电机机构参数来调整电机的电磁性能。

[0032] 内转子和外转子均为凸极转子,内转子的外缘为带齿结构,外转子的内缘为带齿结构。内转子齿与外转子齿的数目相等,且每个内转子齿均与一个外转子齿相对设置,如图5所示。内转子和外转子的两端各设有两个轴承,两个转子通过连接机构连接为一体。电机工作时,内转子与外转子的旋转角速度和旋转方向相同。

[0033] 该电机遵循最小磁阻原理工作,内转子和外转子每转过一个极时,电枢绕组匝链的磁链大小会发生两个从最大到最小的周期变化,内外定子槽口的永磁体发出的磁通经两个气隙和与绕组匝链。电机定子电枢绕组由传统的分布式绕组改用了环在定子轭部的环形绕组,既兼具了传统定子永磁游标电机的优点,又节约了电机端部绕组,可以节约端部铜线,降低电机的铜耗,提高电机的效率;此外端部空间的节约可以使电机的有效长度增加,进而增加电机的转矩密度。该电机增加了外转子为机械加工带来了一定难度,但是由于该结构减小了定子端部导线的体积和质量,因此电机的输出转矩和功率密度可以显著提高。

[0034] 该电机是典型的定子永磁型磁场调制电机,其工作原理符合传统的磁齿轮磁场调制原理,其定子转子极对数满足 $P_r = P_s \pm P_a$, P_r 为转子极对数即凸极转子齿数, P_s 为定子永磁极对数(本发明指定子齿数), P_a 为电枢绕组极对数。本实施例中的电机定子对数为12,转子极对数为11,定子永磁磁场在旋转转子的调制作用下调制出1对极的磁场,该调制出的1对极磁场与定子电枢绕组中的一对极磁场相互作用实现机电能量转换。

[0035] 结合图6具体说明该电机的绕组连接方式。以三相电枢绕组为例,模块化定子12和21上绕A相正线圈(电流从外定子槽中的导体流入,从内定子槽口的导线流出),模块化定子26和27上绕A相负线圈(电流从外定子槽中的导体流出,从内定子槽口的导线流入);模块化定子22和23上绕B相负线圈,模块化定子28和29上绕B相正线圈;模块化定子24和25上绕C相正线圈,模块化定子20和30上绕C相负线圈;三相电枢绕组依次首尾相连形成对称的三相电枢绕组。

[0036] 电机极槽配合做调整后如满足公式 $P_r = P_s \pm P_a$,电机结构同样可以实施,只需相应的调整电机的绕组连接方式即可。

[0037] 该发明的优点是可以采用绕于定子轭部的环形集中绕组代替传统单定子电机中的分布绕组,节约铜耗和电机有效质量,虽然该电机绕组结构虽然采用集中绕组,但是具备了传统分布绕组的高绕组因数特点,电机转矩密度可大幅度提高;此外端部绕组的节约可以节省电机的有效空间,在电机空间有限的条件下可以进一步提高电机转矩和功率密度。

[0038] 图7是本发明电机内外定子三相绕组采用传统分布绕组空载反电势波形图;图8是本发明电机内外定子三相绕组采用环形集中绕组空载反电势波形图。可以看出,采用环形集中绕组空载反电势是内外定子三相绕组分别采用传统分布绕组空载反电势的代数和,说

明该集中环形绕组的有效性和可实施性。

[0039] 实施例2

[0040] 如图9所示,本实施例与实施例1的区别在于模块化定子上,由于定子由离散的模块化定子拼接而成,影响了电机运行的可靠性。因此,本实施例在模块化定子连接处开有燕尾槽31,用于固定相邻的定子模块,增加整个电机系统的可靠性,其实采用与燕尾槽功能相同的具有紧固连接的结构均可。本实施例的电机其他结构均与实施例1相同。

[0041] 实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。

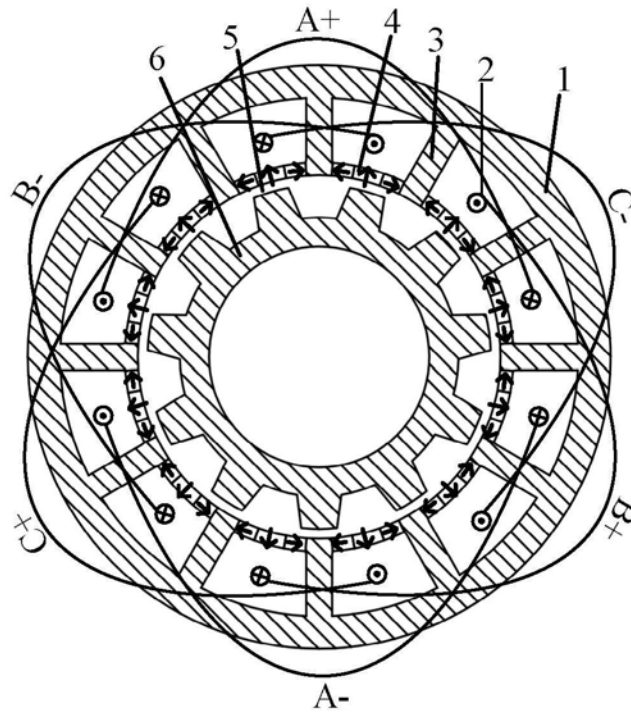


图1

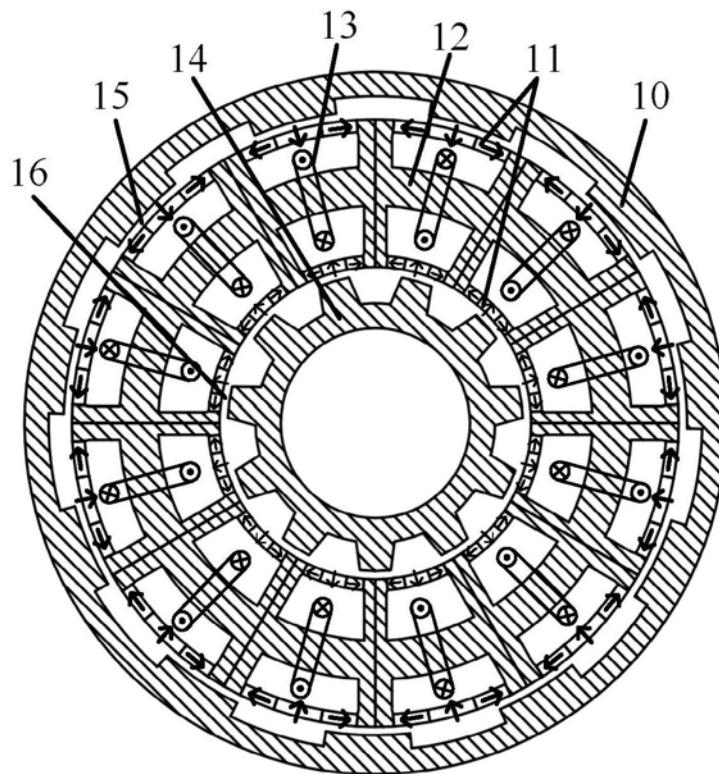


图2

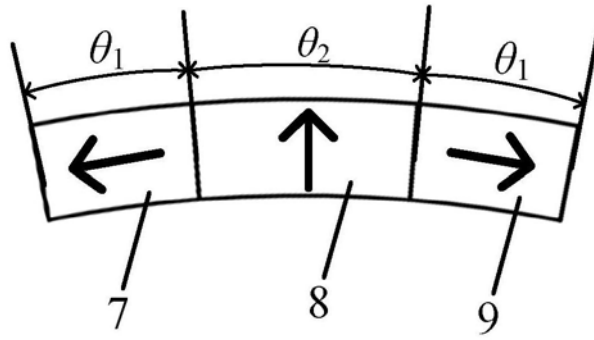


图3

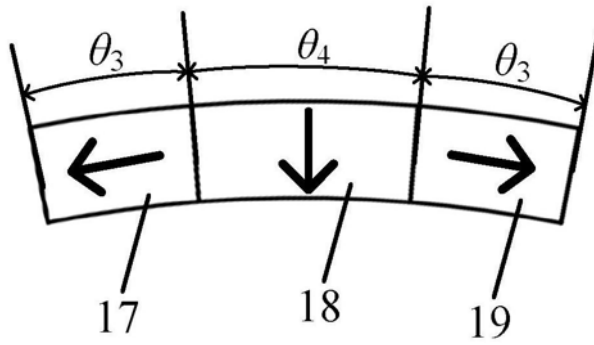


图4

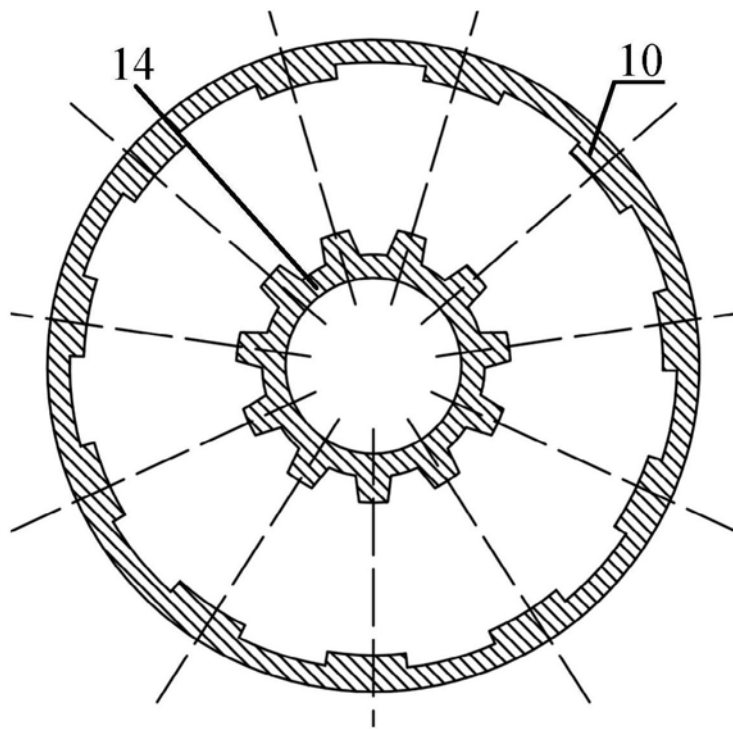


图5

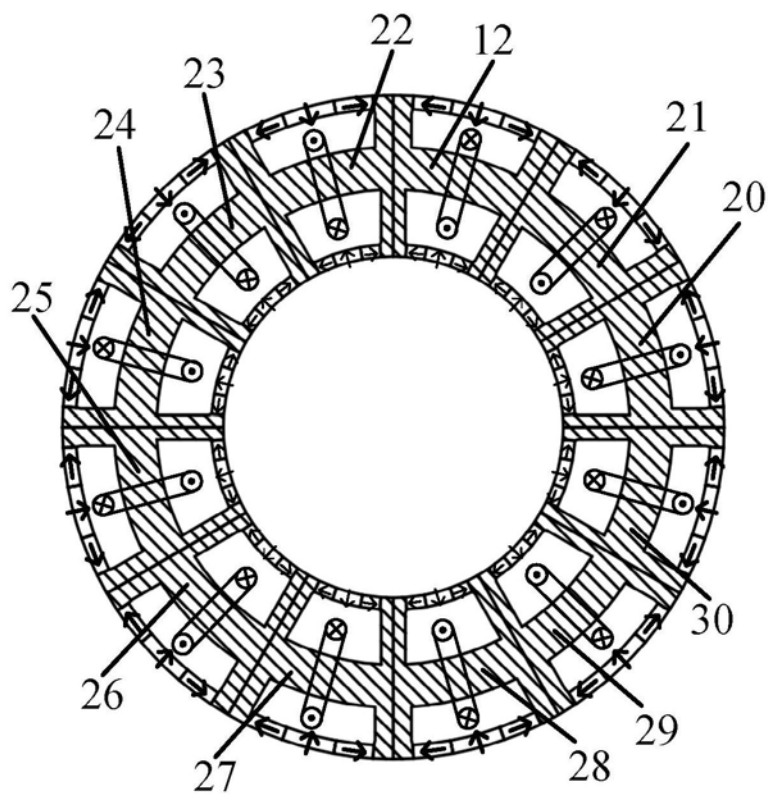


图6

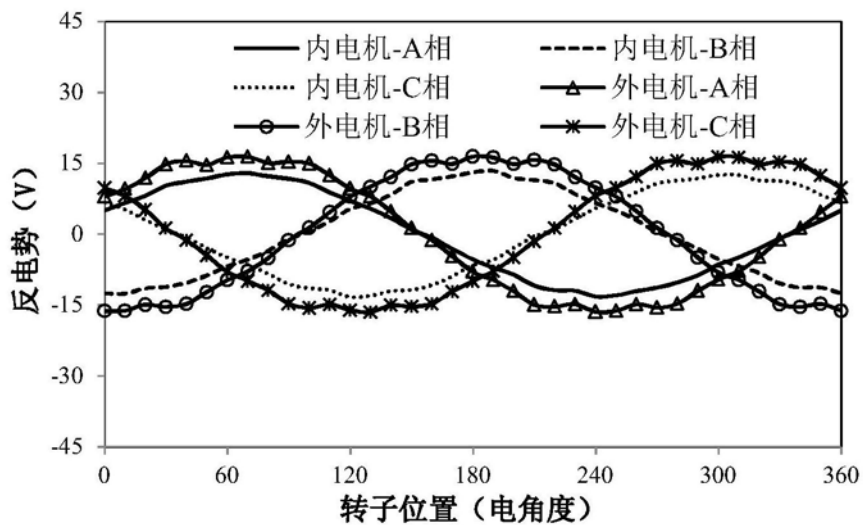


图7

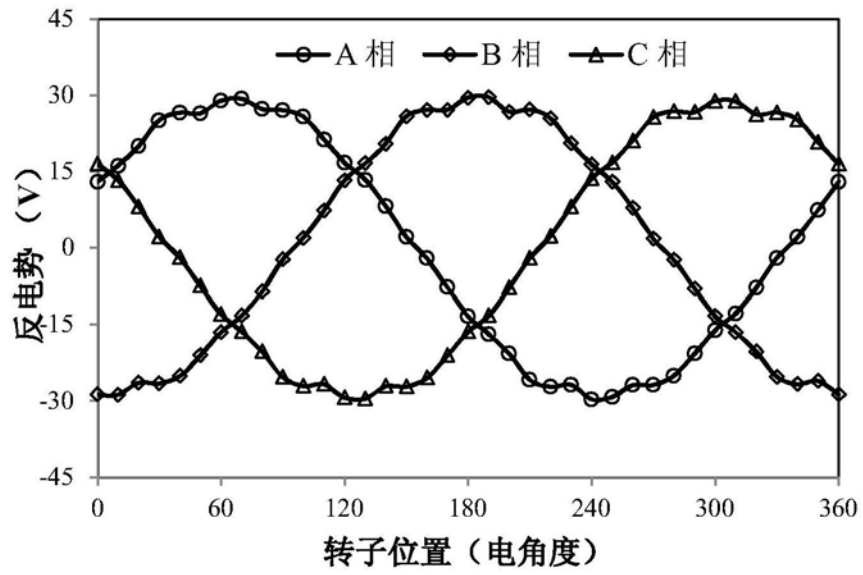


图8

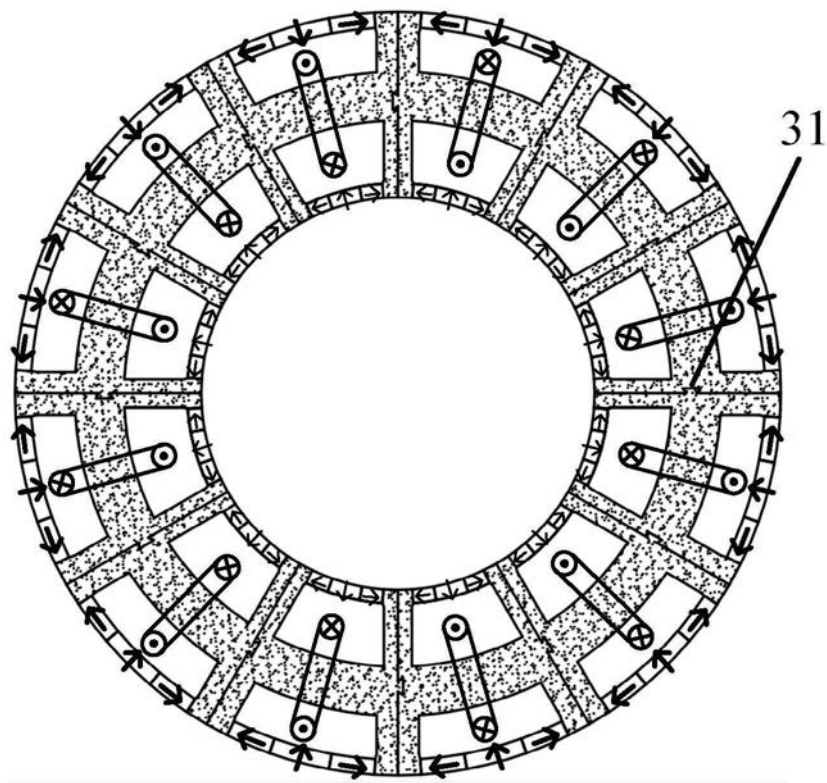


图9