



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108123558 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 31

(21) 申请号 201711494888.9

H02K 3/28 (2006.01)

(22) 申请日 2017.12.31

H02K 3/47 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108123558 A

(56) 对比文件

CN 105305749 A, 2016.02.03

CN 1773817 A, 2006.05.17

(43) 申请公布日 2018.06.05

审查员 韩静静

(73) 专利权人 苏州英磁新能源科技有限公司

地址 215027 江苏省苏州市苏州工业园区

苏虹中路200号综合保税区A区环普国

际产业园三期3A厂房

(72) 发明人 张翔建 裴瑞琳 王丽慧

(74) 专利代理机构 上海世圆知识产权代理有限

公司 31320

专利代理师 王佳妮

(51) Int. Cl.

H02K 1/12 (2006.01)

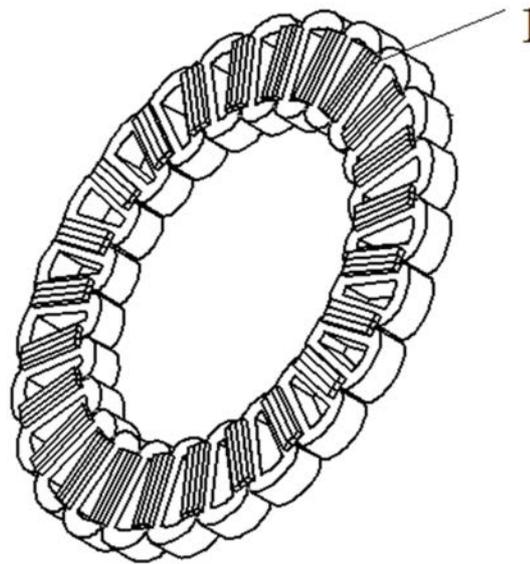
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

一种无铁芯轴向磁通电机

(57) 摘要

本发明涉及一种无铁芯轴向磁通电机,壳体材料由铸铝材料制成,壳体内设有空腔,所述定子包括定子绕组,定子绕组由多组线圈环状连接而成,所述的线圈放置在虚槽内,定子绕组为集中绕组;所述转子为多极转子结构,转子采用稀土钕铁硼材料38uH;壳体内部放置多组永磁聚磁结构,所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组,永磁阵列磁钢组在定子绕组上方构成一个永磁阵列,使得定子绕组上方存在一个屏蔽磁场,促使整个磁路中的磁力线沿着最小磁通路径进行闭合。该屏蔽磁场将部分原本无效的磁力线进行排斥,从而增加有效切割磁力线根数,提高机电能量转换过程中单位面积的磁通量,根据电磁感应定律,增加感应电动势,提高电机的能量输出。



1. 一种无铁芯轴向磁通电机,所述的电机包括壳体、定子和转子,其特征在于:所述壳体材料由铸铝材料制成,壳体内设有空腔和虚槽,所述定子包括定子绕组,定子绕组由多组线圈环状连接而成,所述的线圈放置在虚槽内,定子绕组为集中绕组;所述转子为多极转子结构,转子采用稀土铷铁硼材料38uH制成;壳体内部空腔放置多组永磁聚磁结构,所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组,每个永磁阵列磁钢组设置于定子绕组中相邻的两组铜线线圈的连接处上方,对连接处的间隙进行覆盖,形成屏蔽磁场,促使整个磁路中的磁力线沿着最小磁通路径进行闭合;将超过铜线线圈最上层表面高度的无效磁力线进行吸附,使得有效切割磁力线根数提高,使得机电能量转换过程中单位面积的磁通量提高;

所述的永磁阵列磁钢组设置在虚槽上方;每个永磁阵列磁钢组由3-5块磁钢拼接而成,永磁阵列磁钢材料为铁氧体,磁钢嵌在铝制机壳内部,磁钢与线圈之间设有环氧固化层。

2. 根据权利要求1所述的一种无铁芯轴向磁通电机,其特征在于:所述的永磁阵列磁钢组由3块磁钢拼接而成,三块磁钢的充磁方向为 180° 、 90° 和 0° , 90° 充磁方向的磁钢长度小于另两块磁钢的长度, 180° 和 0° 充磁方向的磁钢长度一致,各方向磁钢牌号一致。

3. 根据权利要求1所述的一种无铁芯轴向磁通电机,其特征在于:所述的永磁阵列磁钢组由4块磁钢拼接而成,4块磁钢的充磁方向为 180° 、 120° 、 60° 和 0° ,两侧的磁钢长度一致,中间的两块磁钢长度也一致,中间磁钢的长度小于两侧磁钢的长度。

4. 根据权利要求1所述的一种无铁芯轴向磁通电机,其特征在于:所述的永磁阵列磁钢组由5块磁钢拼接而成,5块磁钢的充磁方向为 180° 、 135° 、 90° 、 45° 和 0° , 90° 充磁方向的磁钢长度最小, 135° 充磁方向的磁钢与 45° 充磁方向的磁钢长度一致并且大于 90° 充磁方向的磁钢长度, 180° 充磁方向的磁钢与 0° 充磁方向的磁钢长度一致并且大于 135° 充磁方向的磁钢长度。

5. 根据权利要求3所述的一种无铁芯轴向磁通电机,其特征在于:4块磁钢的充磁方向为 180° 、 120° 、 60° 和 0° 的磁钢长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 ; $L_1=L_4$, $L_2=L_3$, $0.3\text{mm}<2*L_2/L_1<0.5\text{mm}$;

磁钢厚度为 H ,其中 $1/5*(L_1+L_2+L_3+L_4)<H<1/4*(L_1+L_2+L_3+L_4)$;

永磁阵列距离铜线距离为 H_2 ,其中 $H_2 = 0.9 * k_1 * \frac{B_{r-120^\circ}}{B_{r-\text{max}}} * H_3$ 。

一种无铁芯轴向磁通电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电机的技术领域,具体地说是一种无铁芯轴向磁通电机,尤其涉及一种无铁芯永磁聚磁的轴向磁通电机。

背景技术

[0002] 目前,轴向磁通电机通常又称盘式电机,而盘式永磁同步发电机是今后盘式发电机的趋势,而稀土钕铁是其主要永磁材料。由于盘式电机形状扁平,结构紧凑以及其优异的特性广泛应用于工业生产、轨道交通、航空航天等领域。传统的电机由于定子铁芯的存在,电机运行过程中会存在定转子电磁吸力、铁芯损耗和齿槽转矩等缺点,而采用定子无铁芯盘式发电机具有高功率密度、高电压调整率和高效率等优点。

[0003] 然而由于定子没有铁磁材料,磁路中总磁阻增大,磁通减小,气隙中磁密不高,要获得较高的功率密度和优异的性能,对电机永磁转子和定子绕组成型提高了设计难度,以及增加材料成本、制造难度。

[0004] 由于定子没有高磁导率的铁磁材料构建磁路,(空气磁导率远低于铁磁材料)所以磁路中磁阻增加,磁通减小,气隙中磁密不高,漏磁系数高,为获得较高性能,现有技术中需要对转子永磁进行重新设计,以期达到优越性能。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种无铁芯轴向磁通电机,通过在定子绕组上方分布有多组永磁聚磁结构,缩短磁路路径,降低磁路阻抗,减小漏磁系数,提高电机功率密度和效率。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案是:一种无铁芯轴向磁通电机,所述的电机包括壳体、定子和转子,其特征在于:所述壳体材料由铸铝材料制成,壳体内设有空腔和虚槽,所述定子包括定子绕组,定子绕组由多组线圈环状连接而成,所述的线圈放置在虚槽内,定子绕组为集中绕组;所述转子为多极转子结构,转子采用稀土钕铁硼材料38uH;壳体内部空腔放置多组永磁聚磁结构,所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组,永磁阵列磁钢组在定子绕组上方构成一个永磁阵列,使得定子绕组上方存在一个屏蔽磁场,促使整个磁路中的磁力线沿着最小磁通路径进行闭合。

[0007] 优选的,所述的永磁阵列磁钢组设置在虚槽上方;每个永磁阵列磁钢组由3-5块磁钢拼接而成,永磁阵列磁钢材料为铁氧体,磁钢嵌在铝制机壳内部,磁钢与线圈之间设有环氧固化层。

[0008] 进一步,所述的永磁阵列磁钢组由3块磁钢拼接而成,三块磁钢的充磁方向为 180° 、 90° 和 0° , 90° 充磁方向的磁钢宽度小于两侧磁钢, 180° 和 0° 充磁方向的宽度一致。

[0009] 进一步,所述的永磁阵列磁钢组由4块磁钢拼接而成,4块磁钢的充磁方向为 180° 、 120° 、 60° 和 0° ,两侧的磁钢宽度一致,中间的两块磁钢宽度也一致,中间磁钢的牌号小于两侧磁钢的宽度。

[0010] 进一步,所述的永磁阵列磁钢组由5块磁钢拼接而成,5块磁钢的充磁方向为 180° 、

135°、90°、45°和0°，90°充磁方向的磁钢宽度最小，135°充磁方向的磁钢与45°充磁方向的磁钢宽度一致并且大于90°充磁方向的磁钢宽度，180°充磁方向的磁钢与0°充磁方向的磁钢宽度一致并且大于135°充磁方向的磁钢宽度。

[0011] 相对于现有技术，本发明的技术方案除了整体技术方案的改进，还包括很多细节方面的改进，具体而言，具有以下有益效果：

[0012] 1、本发明所述的改进方案，在定子绕组上分布有多组永磁聚磁结构，所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组，永磁阵列磁钢组在定子绕组上方形成一个特殊的磁场区域，该磁场区域于旋转运动中的转子产生的磁场发生作用，根据最小磁通路径原则，将超过铜线最上层（靠近机壳侧）表面高度的部分磁力线进行吸附，该部分磁力线为无效磁力线，不参与机电能量转换；同时该磁场将部分原本无效的磁力线进行排斥，从而增加有效切割磁力线根数，提高机电能量转换过程中单位面积的磁通量，根据电磁感应定律，增加感应电动势，提高电机的能量输出。

[0013] 2、本发明的技术方案的中，每个永磁列阵磁钢组由3-5块磁钢拼接而成，永磁列阵磁钢材料为铁氧体，其磁场强度远低于转子上稀土钕铁硼产生的磁场强度，该强度不影响磁密畸变和谐波分量的增加，在不改变无铁芯盘式发电机定、转子结构的基础上，在机壳内嵌入铁氧体，由于铁氧体成本较低，增加少量的成本来提升发电机性能。

[0014] 3、本发明中定子线圈和机壳侧的永磁阵列以及机壳一起用环氧材料灌封固定，增加线圈和机壳的结构强度，对于高机械强度振动运行工况下，可以提高电机安全运行。

附图说明

[0015] 图1为本发明的电机结构剖视图。

[0016] 图2为本发明的定子结构示意图。

[0017] 图3为本发明的又一定子结构示意图。

[0018] 图4为本发明的定子绕组加上永磁列阵磁钢组的结构示意图。

[0019] 图5为图4中A-A向剖视图。

[0020] 图6为图5中B部的放大示意图。

[0021] 图7为本发明的3-6块永磁列阵磁钢组的排列布局图。

[0022] 图8为使用永磁列阵磁钢组后单位体积下无铁芯发电机发电量增加对比图。

[0023] 附图标记：

[0024] 1永磁列阵磁钢组、2侧部磁钢、3中部磁钢、4定子绕组；

[0025] 6壳体、61转子支架、62灌封层、63端盖。

具体实施方式

[0026] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0027] 本发明提供了一种无铁芯轴向磁通电机，具体参见图1，所述的电机包括壳体和设在壳体中互相配合的定子和转子，其与现有技术的区别在于：所述壳体材料由铸铝材料制成，壳体内设有空腔和虚槽，所述定子包括定子绕组，定子绕组由多组铜线线圈环状连接而

成,所述的铜线线圈放置在虚槽内,定子绕组为集中绕组;所述转子为多极转子结构,转子采用稀土钕铁硼材料38uH;壳体内部放置多组永磁聚磁结构,所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组,永磁阵列磁钢组在定子绕组上方构成一个永磁阵列,使得定子绕组上方存在一个屏蔽磁场,促使整个磁路中的磁力线沿着最小磁通路径进行闭合。提高磁钢利用率,提高气隙磁密,可以提高电机转矩密度,效率等电性能参数。

[0028] 进一步说明,电机壳体内部的虚槽内布置铜线线圈,永磁阵列磁钢组则恰将两个相邻的铜线线圈的间隙覆盖,形成屏蔽磁场,该屏蔽磁场区域于旋转运动中的转子产生的磁场发生作用,根据最小磁通路径原则,将超过铜线线圈最上层(靠近机壳侧)表面高度的部分磁力线进行吸附,该部分磁力线为无效磁力线,不参与机电能量转换;同时该磁场将部分原本无效的磁力线进行排斥,从而增加有效切割磁力线根数,提高机电能量转换过程中单位面积的磁通量,根据电磁感应定律,增加感应电动势,提高电机的能量输出。

[0029] 在一个实施例中,所述的永磁阵列磁钢组设置在虚槽上方;每个永磁列阵磁钢组由3-5块磁钢拼接而成,永磁列阵磁钢材料为铁氧体,磁钢嵌在铝制机壳内部,磁钢与铜线线圈之间设有环氧固化层。具体来说,每个永磁列阵磁钢组设置于定子绕组中相邻的两组铜线线圈的连接处上方,所形成的磁场强度远低于转子上稀土钕铁硼产生的磁场强度,该强度不影响气隙磁密畸变和谐波分量的增加。

[0030] 所述的永磁列阵磁钢组由3块磁钢拼接而成,三块磁钢的充磁方向为 180° 、 90° 和 0° , 90° 充磁方向的磁钢宽度小于另两块磁钢的宽度, 180° 和 0° 充磁方向的磁钢宽度一致。其宽度分别为 L_1 、 L_2 和 L_3 ,其中 $L_1=L_3$, $0.3\text{mm}<L_2/L_1<0.5\text{mm}$;磁钢厚度为 H ,其中 $1/5*(L_1+L_2+L_3)<H<1/4*(L_1+L_2+L_3)$;

[0031] 永磁阵列距离铜线距离 $H_2 = 0.9 * k_1 * \frac{B_{r-90^\circ}}{B_{r-rotor}} * H_3$; H_3 为铜线缠绕的高度。

[0032] (其中 B_{r-90° 为 90° 方向磁钢牌号, $B_{r-rotor}$ 为转子永磁体剩磁)

[0033] 在另一个实施例中,所述的永磁列阵磁钢组由4块磁钢拼接而成,4块磁钢的充磁方向为 180° 、 120° 、 60° 和 0° ,两侧的磁钢宽度一致,中间的两块磁钢宽度也一致,中间磁钢的宽度小于两侧磁钢的宽度。中间磁钢为方形磁钢,两侧的磁钢分别设有一槽口,所述的槽口设置于磁钢的外侧部,两侧磁钢的内侧部为水平面,该水面平与中间磁钢相贴合;所述的槽口设有一斜切面,该斜切面与水平面之间的夹角范围为 20° - 40° 。

[0034] 具体来说4块磁钢的充磁方向为 180° 、 120° 、 60° 和 0° 的磁钢,长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 ; $L_1=L_4$, $L_2=L_3$, $0.3\text{mm}<2*L_2/L_1<0.5\text{mm}$;

[0035] 磁钢厚度为 H , $L_1=L_2+\Delta L$, (ΔL 通过有限元分析优化修正得出, ΔL 取值范围为正负 1mm) 其中 $1/5*(L_1+L_2+L_3+L_4)<H<1/4*(L_1+L_2+L_3+L_4)$;

[0036] 永磁阵列距离铜线距离为 H_2 ,其中 $H_2 = 0.9 * k_1 * \frac{B_{r-120^\circ}}{B_{r-rotor}} * H_3$, H_3 为铜线缠绕的高度。

其中, B_{r-120° 为 120° 度充磁方向磁钢剩磁。

[0037] 在定子绕组上分布有多组永磁聚磁结构,所述的永磁聚磁结构为永磁阵列磁钢组,永磁阵列磁钢组在定子绕组上方形成一个特殊的磁场区域,该磁场区域于旋转运动中的转子产生的磁场发生作用,根据最小磁通路径原则,将超过铜线最上层(靠近机壳侧)表面高度的部分磁力线进行吸附,该部分磁力线为无效磁力线,不参与机电能量转换;同时该

磁场将部分原本无效的磁力线进行排斥,从而增加有效切割磁力线根数,提高机电能量转换过程中单位面积的磁通量,根据电磁感应定律,增加感应电动势,提高电机的能量输出。

[0038] 在一个具体实施例中,所述的永磁阵列磁钢组由5块磁钢拼接而成,5块磁钢的充磁方向为 180° 、 135° 、 90° 、 45° 和 0° , 90° 充磁方向的磁钢长度最小, 135° 充磁方向的磁钢与 45° 充磁方向的磁钢长度一致并且低于 90° 充磁方向的磁钢长度, 180° 充磁方向的磁钢与 0° 充磁方向的磁钢长度一致并且低于 135° 充磁方向的磁钢长度。

[0039] 5块磁钢的长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 和 L_5 ,其长度关系为 $L_1=L_5$, $L_2=L_4$, $0.3\text{mm}<2*L_3/L_2<0.5\text{mm}$; $0.3\text{mm}<(L_2+L_3+L_4)/L_1<0.5\text{mm}$;

[0040] 磁钢厚度为 H ,其中, $1/5*(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5)<H<1/4*(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5)$;永磁阵列

距离铜线距离 $H_2 = 0.9 * k_1 * \frac{B_{r-90^\circ}}{B_{r-rotor}} * H_3$, H_3 为铜线缠绕的高度。

[0041] (其中 B_{r-90° 为 90° 方向磁钢牌号, $B_{r-rotor}$ 为转子永磁体剩磁)

[0042] 6块磁钢构成的永磁阵列排列组合为 180° 、 150° 、 120° 、 90° 、 60° 、 30° 和 0° 。6块磁钢的长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 和 L_6 ,其长度关系为 $L_1=L_6$, $L_2=L_5$, $L_3=L_4$, $0.3\text{mm}<L_3/L_2<0.5\text{mm}$; $0.3\text{mm}<L_2/L_1<0.5\text{mm}$;

[0043] 磁钢厚度为 H ,其中关系为 $1/5*(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5+L_6)<H<1/4*(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5+L_6)$;

[0044] 90° 和 120° 方向磁钢长度略小于两侧, 150° 方向和 60° 方向磁钢长度略小于两侧。

永磁阵列距离铜线距离 $H_2 = 0.9 * k_1 * \frac{B_{r-90^\circ}}{B_{r-rotor}} * H_3$, H_3 为铜线圈的缠绕高度。本发明的单位长度下磁通量增加,根据公式 $E = 4.44fN\Phi k_y$,磁通量增加,电机绕组线圈在运动磁场中切割更多的磁力线,单根铜线有效长度间产生电动势将增大。

[0045] 图8中a图为无铁芯发电机,为了增强发电机的输出功率需要较高牌号的稀土永磁材料,牌号越高,永磁体剩磁、矫顽力和磁能积越高,由于没有导磁材料,空气中磁阻非常大,需要绕制大量的铜线来产生感生电动势,但仍然存在大量漏磁;然而虚槽上方增加halbach永磁阵列,其构成的屏蔽磁场,可以减小漏磁,增加有效磁力线根数。

[0046] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明具体实施只局限于上述这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

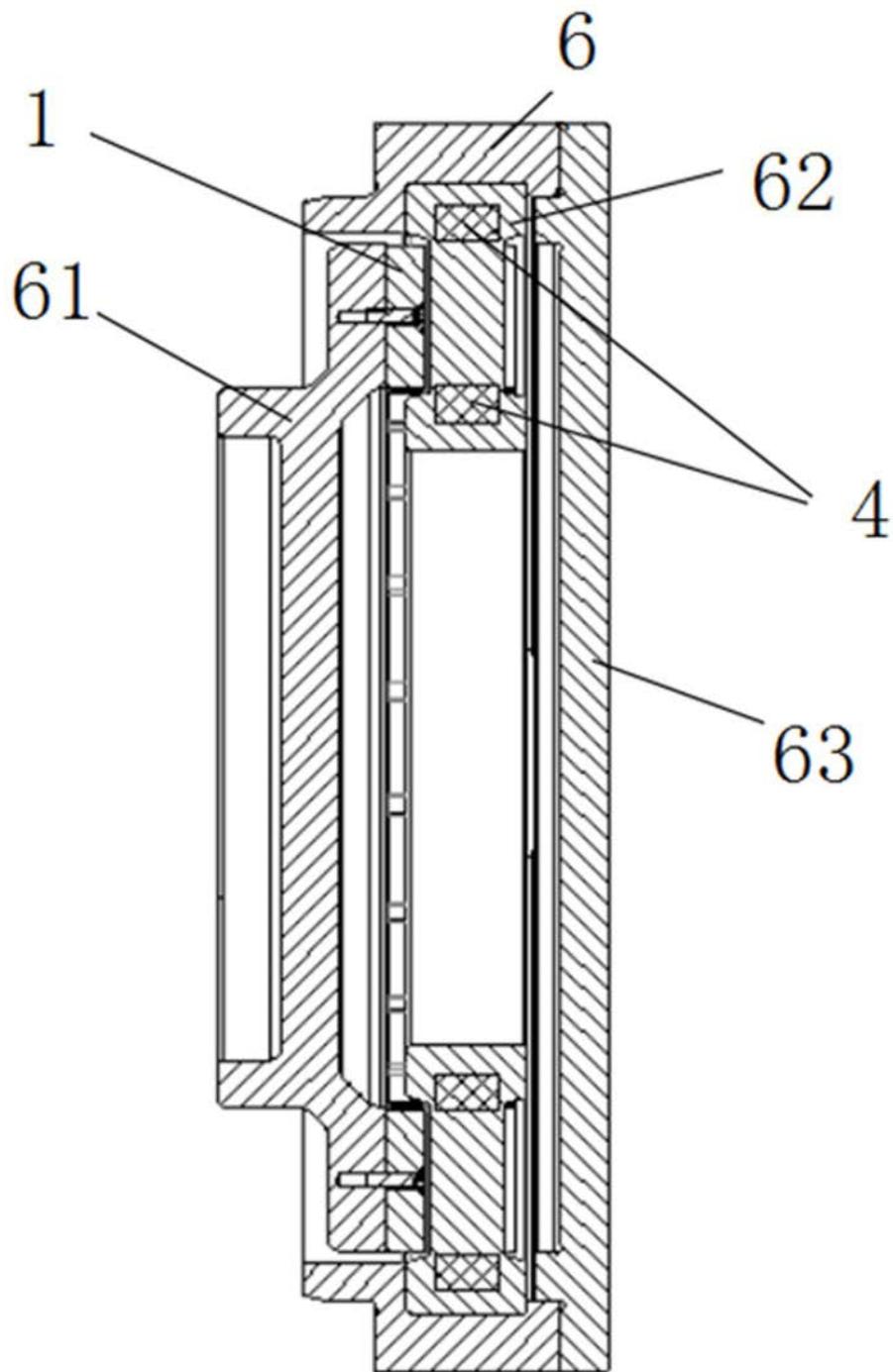


图1

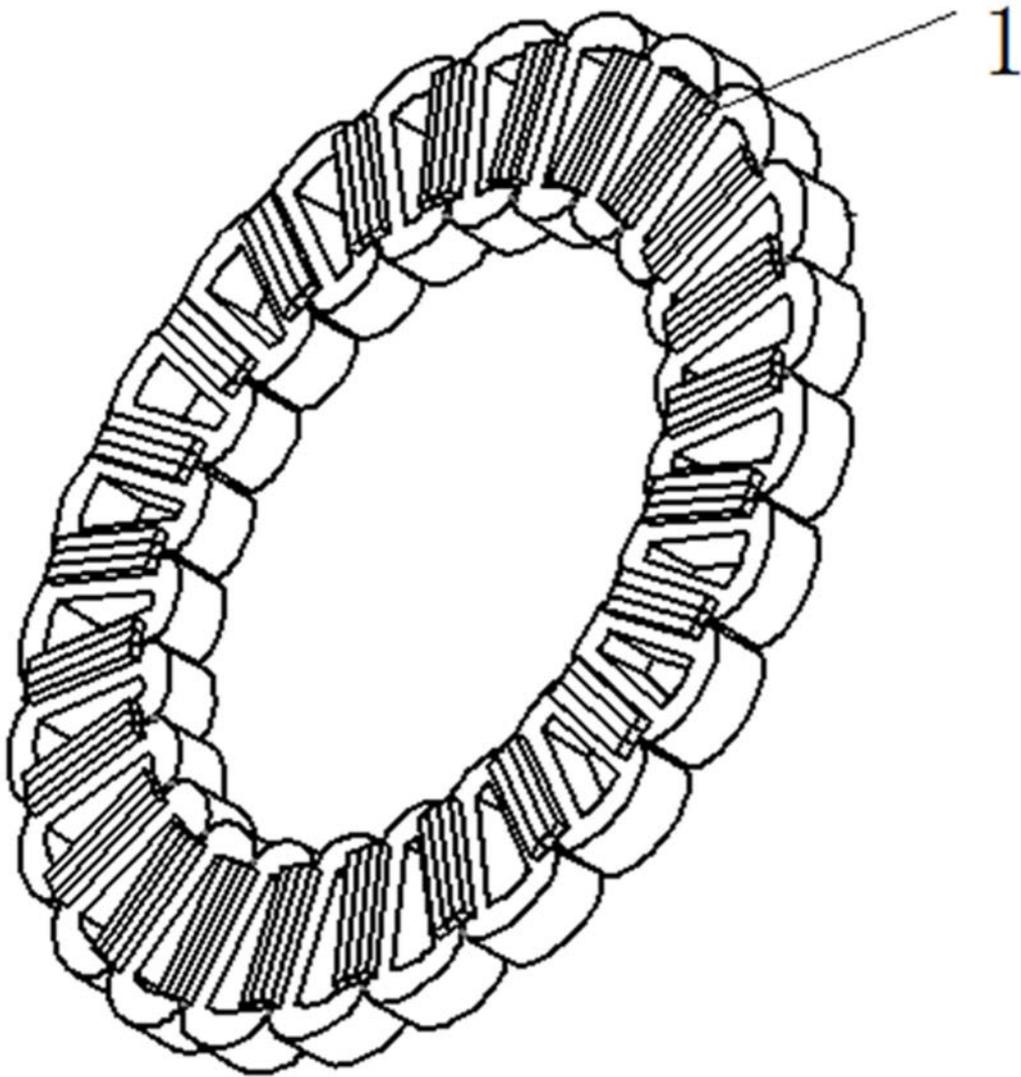


图2

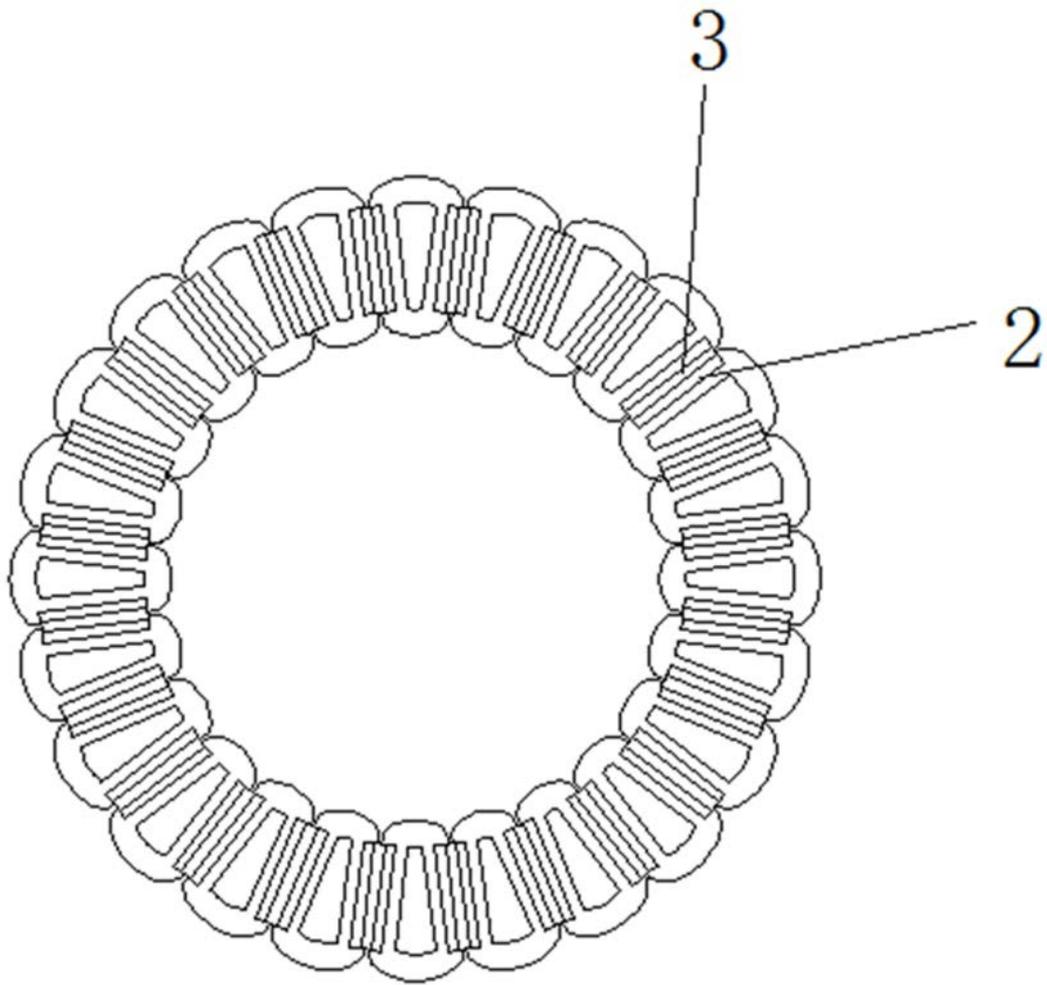


图3

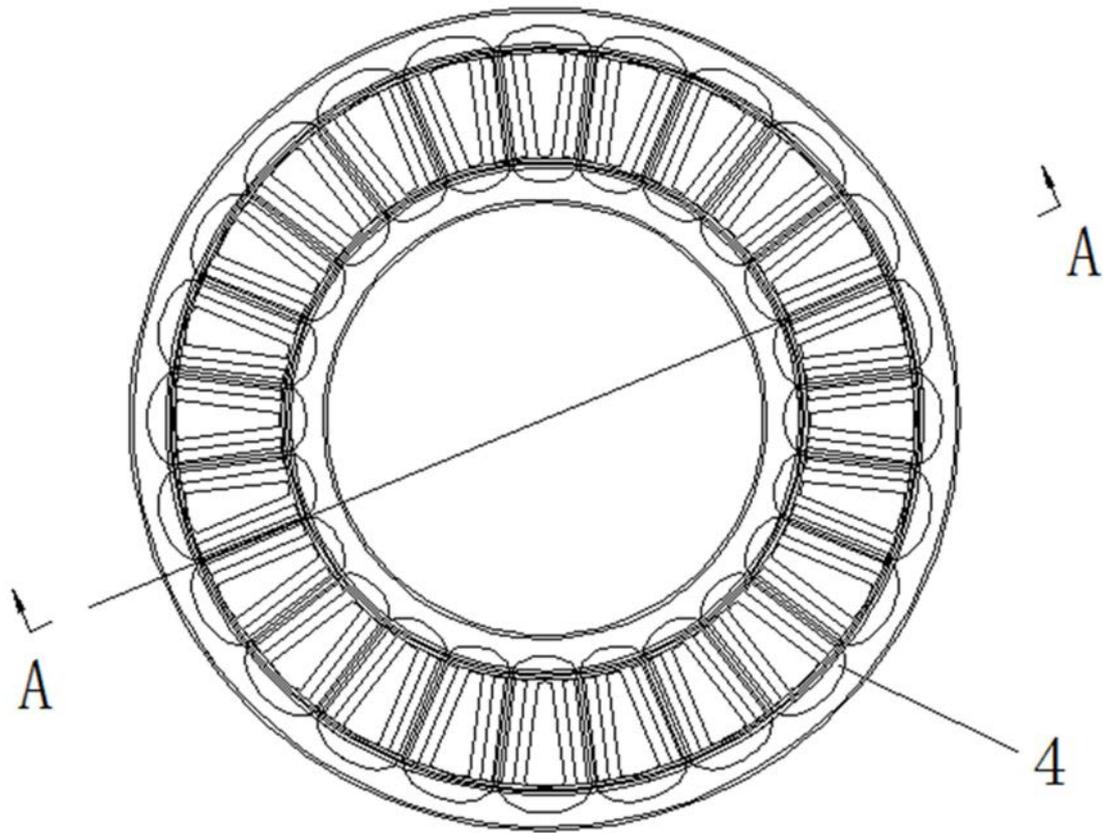


图4

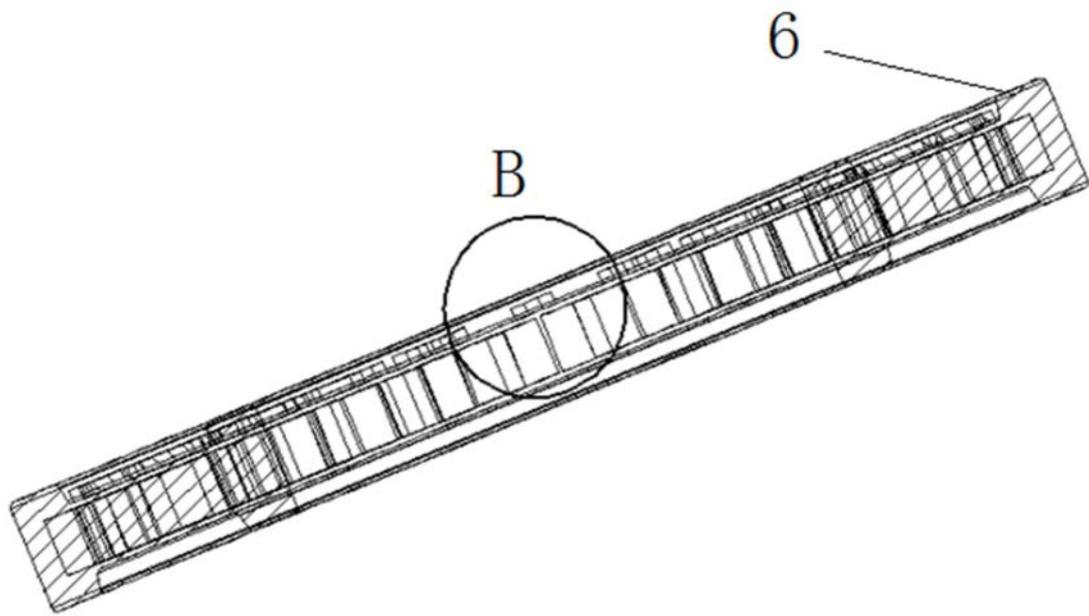


图5

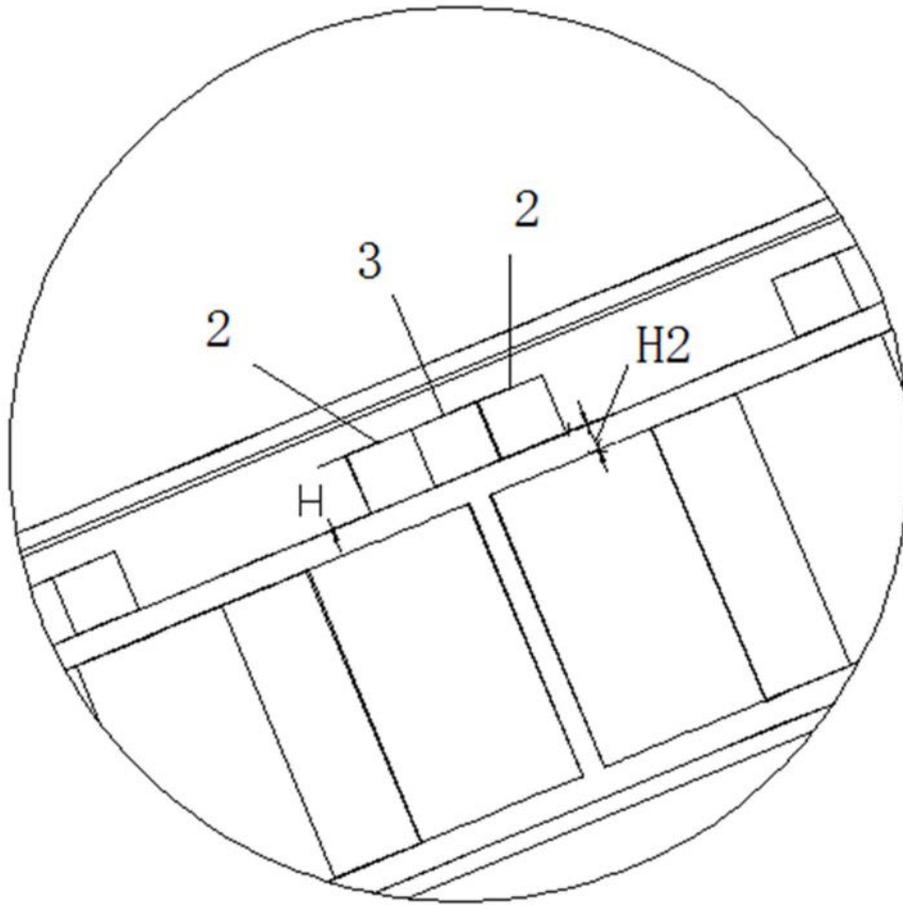


图6

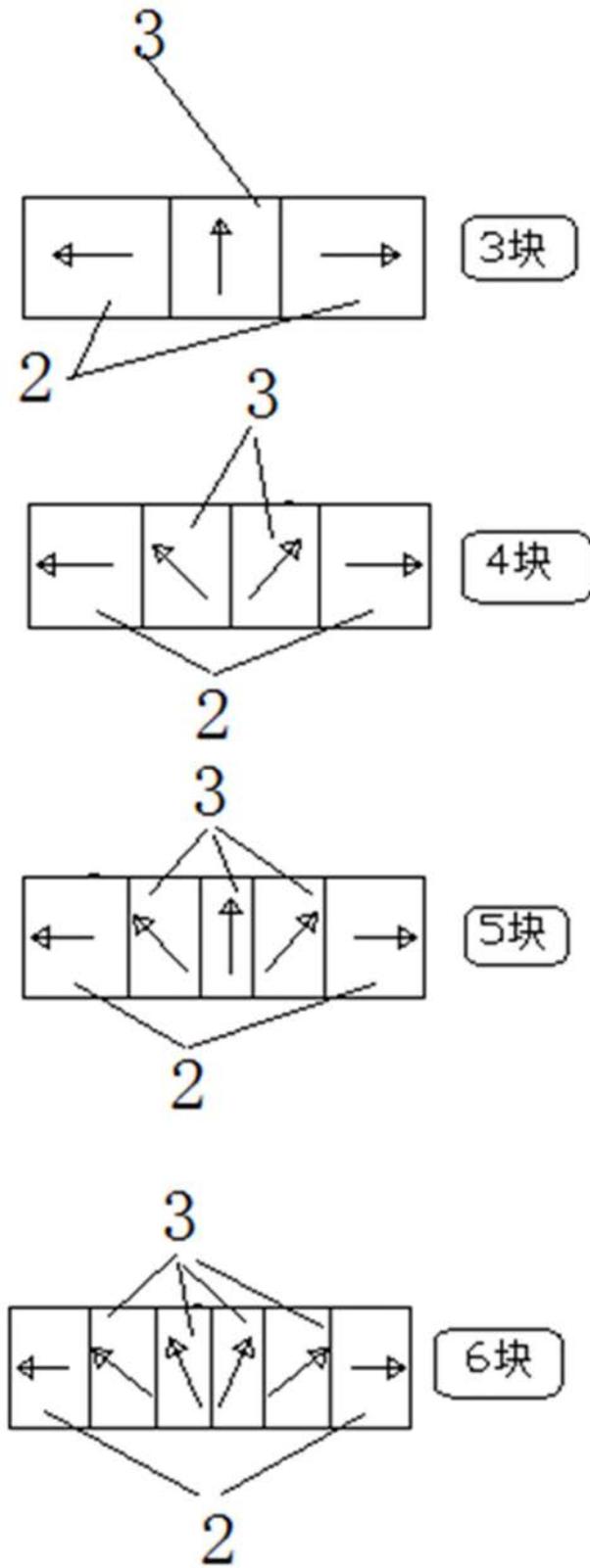
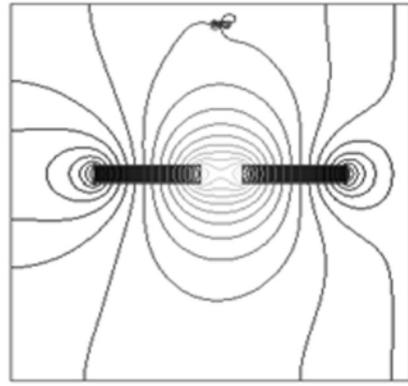
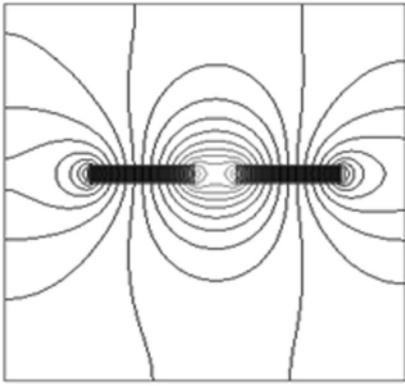


图7



(a) 普通磁力线分布

(b) Halbach结构磁力线分布

图8