(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109742879 A
(43)申请公布日 2019.05.10

(21)申请号 201910106131.0

(22)申请日 2019.02.02

(71)申请人 宁波安信数控技术有限公司
地址 315801 浙江省宁波市北仑区小港小浃江中路518号

(72)发明人 王杨 林井福 黄立波 吴华江 李越 李爽 乌唯杰 金阳洋 张波 郁豪

(74)专利代理机构 宁波奥圣专利代理事务所（普通合伙）33226
代理人 周珏

(51)Int.Cl.
H02K 1/27(2006.01)

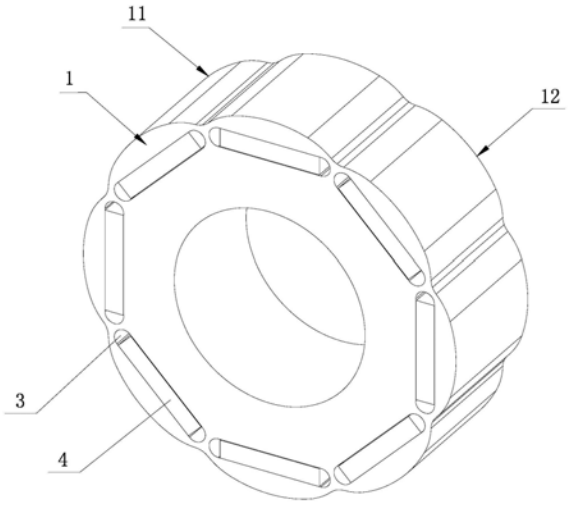
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

一种永磁电机转子结构

(57)摘要

本发明公开了一种永磁电机转子结构，其包括转子铁芯，转子铁芯的外边缘由2p个相同的曲面沿转子铁芯的圆周方向连接而成，曲面由多段圆弧部或多段圆弧部和多段线段部沿转子铁芯的圆周方向并以对称方式依次连接而成；其中，p为大于或等于1的正整数；优点是其可利用更多的调节变量以精确优化气隙磁通密度的波形，使得气隙磁通密度的波形逼近正弦波，进而能够大幅度地削弱齿槽转矩和纹波转矩，降低永磁电机的电磁振动噪声，同时可以降低永磁电机的杂散损耗，提高永磁电机的转矩密度和运行效率。



CN 109742879 A

1.一种永磁电机转子结构，包括转子铁芯，其特征在于：所述的转子铁芯的外边缘由2p个相同的曲面沿所述的转子铁芯的圆周方向连接而成，所述的曲面由多段圆弧部或多段圆弧部和多段线段部沿所述的转子铁芯的圆周方向并以对称方式依次连接而成；其中，p为大于或等于1的正整数。

2.根据权利要求1所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：所述的曲面由以一段第一圆弧部为中心、对称分布在所述的第一圆弧部的两侧的第二圆弧部、对称分布在两段所述的第二圆弧部的外侧的第三圆弧部连接而成，所述的第一圆弧部所在圆的圆心和所述的第二圆弧部所在圆的圆心均在所述的转子铁芯的最小外接圆内，所述的第三圆弧部所在圆的圆心在所述的转子铁芯的最小外接圆外；所述的第一圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部的对称轴上，所述的第一圆弧部所在圆的半径为R_1，$R_1=\kappa_1\times R_0$，所述的第一圆弧部所在圆的圆心与所述的转子铁芯的最小外接圆的圆心之间的距离为d，$d=R_0-R_1$，所述的第一圆弧部的圆心角为α_1，$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$；所述的第二圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部所在圆和所述的第二圆弧部所在圆的内切点与所述的第一圆弧部所在圆的圆心的连线上，所述的第二圆弧部所在圆的半径为R_2，$R_2=\kappa_2\times R_1$，所述的第二圆弧部的圆心角为α_2，$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$；所述的第三圆弧部所在圆的圆心位于所述的第二圆弧部所在圆和所述的第三圆弧部所在圆的内切点与所述的第二圆弧部所在圆的圆心的连线的延长线上，所述的第三圆弧部所在圆的半径为R_3，$1\leqslant R_3\leqslant 5$；其中，$\kappa_1$为系数，$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant 0.75$，$R_0$表示所述的转子铁芯的最小外接圆的半径，$\omega_1$为系数，$0.5\leqslant\omega_1\leqslant 0.6$，$\kappa_2$为系数，$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant 0.55$，$\omega_2$为系数，$0.15\leqslant\omega_2\leqslant 0.2$，$R_0$、$R_1$、d、$R_2$、$R_3$的单位均为毫米，$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

3.根据权利要求1所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：所述的曲面由以一段第一圆弧部为中心、对称分布在所述的第一圆弧部的两侧的第二圆弧部、对称分布在两段所述的第二圆弧部的外侧的线段部连接而成，所述的第一圆弧部所在圆的圆心和所述的第二圆弧部所在圆的圆心均在所述的转子铁芯的最小外接圆内；所述的第一圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部的对称轴上，所述的第一圆弧部所在圆的半径为R_1，$R_1=\kappa_1\times R_0$，所述的第一圆弧部所在圆的圆心与所述的转子铁芯的最小外接圆的圆心之间的距离为d，$d=R_0-R_1$，所述的第一圆弧部的圆心角为α_1，$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$；所述的第二圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部所在圆和所述的第二圆弧部所在圆的内切点与所述的第一圆弧部所在圆的圆心的连线上，所述的第二圆弧部所在圆的半径为R_2，$R_2=\kappa_2\times R_1$，所述的第二圆弧部的圆心角为α_2，$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$；所述的线段部与所述的曲面所在的部分转子铁芯的侧面垂直；其中，κ_1为系数，$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant 0.75$，$R_0$表示所述的转子铁芯的最小外接圆的半径，$\omega_1$为系数，$0.5\leqslant\omega_1\leqslant 0.6$，$\kappa_2$为系数，$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant 0.55$，$\omega_2$为系数，$0.15\leqslant\omega_2\leqslant 0.2$，$R_0$、$R_1$、d、$R_2$的单位均为毫米，$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

4.根据权利要求2或3所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：所述的转子铁芯上沿圆周方向均匀开设有2p极磁钢槽，每极所述的磁钢槽由若干个轴向磁钢槽构成，所述的

轴向磁钢槽内安装有磁钢。

5.根据权利要求4所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由一个所述的轴向磁钢槽构成，所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

6.根据权利要求4所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由两个所述的轴向磁钢槽构成，两个所述的轴向磁钢槽左右对称分布，两个所述的轴向磁钢槽的夹角为180度，两个所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

7.根据权利要求4所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由两个所述的轴向磁钢槽构成，两个所述的轴向磁钢槽左右对称分布，两个所述的轴向磁钢槽的夹角为大于90度且小于180度，两个所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

8.根据权利要求4所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：每极所述的磁钢槽由一个所述的轴向磁钢槽构成，2p个所述的轴向磁钢槽以所述的转子铁芯的中心为中心呈辐射状分布，每个所述的轴向磁钢槽与两个所述的曲面的连接处对应。

9.根据权利要求2或3所述的一种永磁电机转子结构，其特征在于：所述的转子铁芯为实心导磁体，或所述的转子铁芯由多片具有相同形状的冲压导磁钢片沿轴向叠压而成。

一种永磁电机转子结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁电机，尤其是涉及一种永磁电机转子结构。

背景技术

[0002] 随着内置式磁钢永磁电机在工业控制等领域的进一步应用，对该类永磁电机的齿槽转矩、纹波转矩、转矩密度、振动噪声、动态响应等性能指标提出了更为苛刻的要求。因永磁电机的原理特征，导致其具有感应电机所不存在的齿槽转矩以及更大的纹波转矩，然而这会给永磁电机带来定位精度下降、振动噪声过大、运行效率下降等问题。一般来说产生上述问题的根源是永磁电机气隙磁通密度里面的谐波成分，对于交流永磁电机来说，谐波成分对永磁电机的运行没有任何益处，只能带来如以上提出的几种坏处，因此设计人员都在针对气隙磁通密度的波形进行优化以改善上述问题给永磁电机运行带来的影响。

[0003] 对于内置式磁钢永磁电机，如图1所示，传统的设计结构通常采用具有均匀气隙的圆形外边缘的转子9，这种转子结构只能通过调整永磁电机的极弧系数来优化气隙磁通密度的波形，由于可调整的变量单一，无法有效削弱气隙磁通密度中的低次谐波，气隙磁通密度的正弦度较差(参见图2)，因此很难大幅度削弱齿槽转矩和纹波转矩。基于以上原因，急需一种新型的转子外形结构以进一步有效地优化气隙磁通密度的波形，进而改善由其带来的各种永磁电机性能变差的问题。

[0004] 中国公告的实用新型专利“一种转子冲片及其应用的永磁电机”(公告号：CN204858787U)，其提出了一种转子外圆偏心结构以优化气隙磁通密度的波形，其在转子冲片中间设置有轴孔，在转子冲片靠近外缘处设置有若干用于安装永磁体的安装槽，转子冲片的外缘是由若干段圆弧连接而成，圆弧的圆心偏离轴孔的中心，其结构简单，使得在转子与定子之间形成非均匀气隙，从而有效改善反电动势波形，同时降低齿槽转矩。但是，实际上其转子的外缘每极只由一段圆弧构成，因此只有一个变量用于调整转子的外缘形状，优化较为单一，难以得到非常正弦的气隙磁通密度的波形以兼顾多个性能指标。

[0005] 中国公开的发明专利申请“电机”(公开号:CN107017750A)，其提出了一种将每极磁钢槽分为三段以优化气隙磁通密度的波形的方法，其包括:定子结构，包括定子铁芯和定子空腔，定子铁芯上设置有定子槽，定子槽沿定子铁芯的轴线方向倾斜设置，定子结构的绕组采用星形接法设置在定子铁芯上;转子结构，设置在定子空腔内，转子结构的每一磁极上均设置有三个磁钢，能够将电机的反电势调制为正弦波。但是，增加了电机的制造工时，且漏磁较大，电机效率降低。

[0006] 中国公开的发明专利申请“内嵌式永磁电机的虚槽转子”(公开号：CN105099026A)，其提出了一种转子表面开凹槽削弱齿槽转矩的方法，其转子冲片上均匀分布有偶数个轴向贯通的磁钢槽，各磁钢槽内分别嵌装有磁钢，各磁钢按N极S极间隔设置，转子铁芯每个转子极在冲片外圆部位分别设有至少两个凹槽，其起到了改变齿槽转矩及转矩脉动的作用。但是，其不能有效削弱气隙磁通密度中的低次谐波，且定子谐波损耗依旧较大。

[0007] 中国公告的发明专利“一种永磁同步电机的斜极转子结构”(公告号:CN102916512A),其提出了一种斜极转子结构以削弱齿槽转矩,磁钢沿转子圆周不均匀分布,但是这会使气隙磁场分布不均匀,带来更大的电磁振动噪声。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是提供一种永磁电机转子结构,其可利用更多的调节变量以精确优化气隙磁通密度的波形,使得气隙磁通密度的波形逼近正弦波,进而能够大幅度地削弱齿槽转矩和纹波转矩,降低永磁电机的电磁振动噪声,同时可以降低永磁电机的杂散损耗,提高永磁电机的转矩密度和运行效率。

[0009] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种永磁电机转子结构,包括转子铁芯,其特征在于:所述的转子铁芯的外边缘由2p个相同的曲面沿所述的转子铁芯的圆周方向连接而成,所述的曲面由多段圆弧部或多段圆弧部和多段线段部沿所述的转子铁芯的圆周方向并以对称方式依次连接而成;其中,p为大于或等于1的正整数。

[0010] 所述的曲面由以一段第一圆弧部为中心、对称分布在所述的第一圆弧部的两侧的第二圆弧部、对称分布在两段所述的第二圆弧部的外侧的第三圆弧部连接而成,所述的第一圆弧部所在圆的圆心和所述的第二圆弧部所在圆的圆心均在所述的转子铁芯的最小外接圆内,所述的第三圆弧部所在圆的圆心在所述的转子铁芯的最小外接圆外;所述的第一圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部的对称轴上,所述的第一圆弧部所在圆的半径为R_1,$R_1=\kappa_1\times R_0$,所述的第一圆弧部所在圆的圆心与所述的转子铁芯的最小外接圆的圆心之间的距离为d,$d=R_0-R_1$,所述的第一圆弧部的圆心角为α_1,$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$;所述的第二圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部所在圆和所述的第二圆弧部所在圆的内切点与所述的第一圆弧部所在圆的圆心的连线上,所述的第二圆弧部所在圆的半径为R_2,$R_2=\kappa_2\times R_1$,所述的第二圆弧部的圆心角为α_2,$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$;所述的第三圆弧部所在圆的圆心位于所述的第二圆弧部所在圆和所述的第三圆弧部所在圆的内切点与所述的第二圆弧部所在圆的圆心的连线的延长线上,所述的第三圆弧部所在圆的半径为R_3,$1\leqslant R_3\leqslant 5$;其中,$\kappa_1$为系数,$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant 0.75$,$R_0$表示所述的转子铁芯的最小外接圆的半径,$\omega_1$为系数,$0.5\leqslant\omega_1\leqslant 0.6$,$\kappa_2$为系数,$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant 0.55$,$\omega_2$为系数,$0.15\leqslant\omega_2\leqslant 0.2$,$R_0$、$R_1$、d、$R_2$、$R_3$的单位均为毫米,$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

[0011] 所述的曲面由以一段第一圆弧部为中心、对称分布在所述的第一圆弧部的两侧的第二圆弧部、对称分布在两段所述的第二圆弧部的外侧的线段部连接而成,所述的第一圆弧部所在圆的圆心和所述的第二圆弧部所在圆的圆心均在所述的转子铁芯的最小外接圆内;所述的第一圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部的对称轴上,所述的第一圆弧部所在圆的半径为R_1,$R_1=\kappa_1\times R_0$,所述的第一圆弧部所在圆的圆心与所述的转子铁芯的最小外接圆的圆心之间的距离为d,$d=R_0-R_1$,所述的第一圆弧部的圆心角为α_1,$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$;所述的第二圆弧部所在圆的圆心位于所述的第一圆弧部所在圆和所述的第二圆弧部所在圆的内切点与所述的第一圆弧部所在圆的圆心的连线上,所述的第二圆弧部所在圆的半径

为R_2，$R_2=\kappa_2\times R_1$，所述的第二圆弧部的圆心角为α_2，$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$；所述的线段部与所述的曲面所在的部分转子铁芯的侧面垂直；其中，κ_1为系数，$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant0.75$，$R_0$表示所述的转子铁芯的最小外接圆的半径，$\omega_1$为系数，$0.5\leqslant\omega_1\leqslant0.6$，$\kappa_2$为系数，$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant0.55$，$\omega_2$为系数，$0.15\leqslant\omega_2\leqslant0.2$，$R_0$、$R_1$、d、$R_2$的单位均为毫米，$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

[0012] 所述的转子铁芯上沿圆周方向均匀开设有2p极磁钢槽，每极所述的磁钢槽由若干个轴向磁钢槽构成，所述的轴向磁钢槽内安装有磁钢。

[0013] 每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由一个所述的轴向磁钢槽构成，所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

[0014] 每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由两个所述的轴向磁钢槽构成，两个所述的轴向磁钢槽左右对称分布，两个所述的轴向磁钢槽的夹角为180度，两个所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

[0015] 每极所述的磁钢槽对应一个所述的曲面，每极所述的磁钢槽由两个所述的轴向磁钢槽构成，两个所述的轴向磁钢槽左右对称分布，两个所述的轴向磁钢槽的夹角为大于90度且小于180度，两个所述的轴向磁钢槽的对称轴与对应的所述的曲面中的所述的第一圆弧部的对称轴重合。

[0016] 每极所述的磁钢槽由一个所述的轴向磁钢槽构成，2p个所述的轴向磁钢槽以所述的转子铁芯的中心为中心呈辐射状分布，每个所述的轴向磁钢槽与两个所述的曲面的连接处对应。

[0017] 所述的转子铁芯为实心导磁体，或所述的转子铁芯由多片具有相同形状的冲压导磁钢片沿轴向叠压而成。

[0018] 与现有技术相比，本发明的优点在于：

[0019] 将2p个相同的曲面沿转子铁芯的圆周方向连接形成转子铁芯的外边缘，且曲面由多段圆弧部或多段圆弧部和多段线段部沿转子铁芯的圆周方向并以对称方式依次连接而成，这种转子结构可利用更多的调节变量以精确优化气隙磁通密度的波形，使得气隙磁通密度的波形逼近正弦波，进而能够大幅度地削弱齿槽转矩和纹波转矩，降低永磁电机的电磁振动噪声，同时可以降低永磁电机的杂散损耗，提高永磁电机的转矩密度和运行效率。

附图说明

[0020] 图1为现有的内置式磁钢永磁电机的转子结构的平面示意图；

[0021] 图2为现有的内置式磁钢永磁电机的气隙磁通密度的波形图；

[0022] 图3为实施例一的永磁电机转子结构的立体结构示意图；

[0023] 图4为实施例一的永磁电机转子结构的部分结构的平面示意图；

[0024] 图5为采用实施例一的永磁电机转子结构的永磁电机的气隙磁通密度的波形图；

[0025] 图6为现有的内置式磁钢永磁电机的气隙磁通密度与采用实施例一的永磁电机转子结构的永磁电机的气隙磁通密度中的谐波的分析对比图；

[0026] 图7为现有的内置式磁钢永磁电机的齿槽转矩与采用实施例一的永磁电机转子结

构的永磁电机的齿槽转矩的波形对比图；

[0027] 图8为实施例二的永磁电机转子结构的部分结构的平面示意图；

[0028] 图9为实施例三的永磁电机转子结构的部分结构的平面示意图；

[0029] 图10为实施例四的永磁电机转子结构的部分结构的平面示意图；

[0030] 图11为实施例五的永磁电机转子结构的部分结构的平面示意图。

具体实施方式

[0031] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0032] 实施例一：

[0033] 本实施例提出的一种永磁电机转子结构，如图3和图4所示，其包括转子铁芯1，转子铁芯1的外边缘11由2p个相同的曲面12沿转子铁芯1的圆周方向连接而成，曲面12由5段圆弧部沿转子铁芯1的圆周方向并以对称方式依次连接而成；其中，p为大于或等于1的正整数，在本实施例中取p＝4，即2p＝8。

[0034] 在本实施例中，如图4所示，曲面12由以一段第一圆弧部121为中心、对称分布在第一圆弧部121的两侧的第二圆弧部122、对称分布在两段第二圆弧部122的外侧的第三圆弧部123连接而成，第一圆弧部121所在圆的圆心O_1和第二圆弧部122所在圆的圆心O_2均在转子铁芯1的最小外接圆2内，第三圆弧部123所在圆的圆心(图中未示出)在转子铁芯1的最小外接圆2外；第一圆弧部121所在圆的圆心O_1位于第一圆弧部121的对称轴X上，第一圆弧部121所在圆的半径为R_1，$R_1=\kappa_1\times R_0$，第一圆弧部121所在圆的圆心O_1与转子铁芯1的最小外接圆2的圆心O_0之间的距离为d，$d=R_0-R_1$，第一圆弧部121的圆心角为α_1，$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$；第二圆弧部122所在圆的圆心$O_2$位于第一圆弧部121所在圆和第二圆弧部122所在圆的内切点与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，即对于第一圆弧部121左侧的第二圆弧部122，其所在圆的圆心O_2位于第一圆弧部121所在圆和其所在圆的内切点A'与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，对于第一圆弧部121右侧的第二圆弧部122，其所在圆的圆心O_2位于第一圆弧部121所在圆和其所在圆的内切点A与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，第二圆弧部122所在圆的半径为R_2，$R_2=\kappa_2\times R_1$，第二圆弧部122的圆心角为α_2，$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$；第三圆弧部123所在圆的圆心位于第二圆弧部122所在圆和第三圆弧部123所在圆的内切点与第二圆弧部122所在圆的圆心的连线的延长线上，即对于第二圆弧部122左侧的第三圆弧部123，其所在圆的圆心位于第二圆弧部122所在圆和其所在圆的内切点B'与第二圆弧部122所在圆的圆心O_2的连线的延长线上，对于第二圆弧部122右侧的第三圆弧部123，其所在圆的圆心位于第二圆弧部122所在圆和其所在圆的内切点B与第二圆弧部122所在圆的圆心O_2的连线的延长线上，第三圆弧部123所在圆的半径为R_3，$1\leqslant R_3\leqslant 5$；其中，$\kappa_1$为系数，$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant 0.75$，$R_0$表示转子铁芯1的最小外接圆2的半径，$\omega_1$为系数，$0.5\leqslant\omega_1\leqslant 0.6$，$\kappa_2$为系数，$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant 0.55$，$\omega_2$为系数，$0.15\leqslant\omega_2\leqslant 0.2$，$R_0$、$R_1$、d、$R_2$、$R_3$的单位均为毫米，$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

[0035] 在本实施例中，转子铁芯1上沿圆周方向均匀开设有2p(2p＝8)极磁钢槽，每极磁钢槽对应一个曲面12，每极磁钢槽由一个轴向磁钢槽3构成，轴向磁钢槽3的对称轴与对应

的曲面12中的第一圆弧部121的对称轴X重合，轴向磁钢槽3内安装有磁钢4。

[0036] 在本实施例中，转子铁芯1由实心导磁材料制成，即为实心导磁体。

[0037] 图5给出了采用本实施例的永磁电机转子结构的永磁电机的气隙磁通密度的波形图，对比图2和图5，可以看出，现有的内置式磁钢永磁电机的气隙磁通密度的正弦度较差，而采用本实施例的永磁电机转子结构的永磁电机的气隙磁通密度的波形已接近标准的正弦波。图6给出了现有的内置式磁钢永磁电机的气隙磁通密度与采用本实施例的永磁电机转子结构的永磁电机的气隙磁通密度中的谐波的分析对比图，从图6中可以看出，采用本实施例的永磁电机转子结构可使各次磁密谐波幅值降低，使得气隙磁通密度的正弦度更好。图7给出了现有的内置式磁钢永磁电机的齿槽转矩与采用本实施例的永磁电机转子结构的永磁电机的齿槽转矩的波形对比图，从图7中可以看出，采用本实施例的永磁电机转子结构可使齿槽转矩大幅降低。

[0038] 实施例二：

[0039] 本实施例提出的一种永磁电机转子结构，如图8所示，其包括转子铁芯1，转子铁芯1的外边缘11由2p个相同的曲面12沿转子铁芯1的圆周方向连接而成，曲面12由3段圆弧部和2段线段部沿转子铁芯1的圆周方向并以对称方式依次连接而成；其中，p为大于或等于1的正整数，在本实施例中取p＝4，即2p＝8。

[0040] 在本实施例中，如图8所示，曲面12由以一段第一圆弧部121为中心、对称分布在第一圆弧部121的两侧的第二圆弧部122、对称分布在两段第二圆弧部122的外侧的线段部124连接而成，第一圆弧部121所在圆的圆心O_1和第二圆弧部122所在圆的圆心O_2均在转子铁芯1的最小外接圆2内；第一圆弧部121所在圆的圆心O_1位于第一圆弧部121的对称轴X上，第一圆弧部121所在圆的半径为R_1，$R_1=\kappa_1\times R_0$，第一圆弧部121所在圆的圆心O_1与转子铁芯1的最小外接圆2的圆心O_0之间的距离为d，$d=R_0-R_1$，第一圆弧部121的圆心角为α_1，$\alpha_1=\omega_1\times\frac{180}{p}$；第二圆弧部122所在圆的圆心$O_2$位于第一圆弧部121所在圆和第二圆弧部122所在圆的内切点与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，即对于第一圆弧部121左侧的第二圆弧部122，其所在圆的圆心O_2位于第一圆弧部121所在圆和其所在圆的内切点A'与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，对于第一圆弧部121右侧的第二圆弧部122，其所在圆的圆心O_2位于第一圆弧部121所在圆和其所在圆的内切点A与第一圆弧部121所在圆的圆心O_1的连线上，第二圆弧部122所在圆的半径为R_2，$R_2=\kappa_2\times R_1$，第二圆弧部122的圆心角为α_2，$\alpha_2=\omega_2\times\frac{180}{p}$；线段部124与曲面12所在的部分转子铁芯1的侧面13垂直；其中，κ_1为系数，$0.65\leqslant\kappa_1\leqslant0.75$，$R_0$表示转子铁芯1的最小外接圆2的半径，$\omega_1$为系数，$0.5\leqslant\omega_1\leqslant0.6$，$\kappa_2$为系数，$0.45\leqslant\kappa_2\leqslant0.55$，$\omega_2$为系数，$0.15\leqslant\omega_2\leqslant0.2$，$R_0$、$R_1$、d、$R_2$的单位均为毫米，$\alpha_1$和$\alpha_2$的单位均为度。

[0041] 本实施例的永磁电机转子结构的其余部分结构与实施例一的永磁电机转子结构的其余部分结构相同。

[0042] 本实施例中使用了两段线段部124替换了实施例一中的两段第三圆弧部123，使得曲面12的结构更为简单。

[0043] 实施例三：

[0044] 本实施例提出的一种永磁电机转子结构，其结构与实施例一的永磁电机转子结构的结构基本相同，不同之处仅在于每极磁钢槽的设计和布局上，如图9所示，在本实施例中，转子铁芯1上沿圆周方向均匀开设有2p(2p＝8)极磁钢槽，每极磁钢槽对应一个曲面12，每极磁钢槽由两个轴向磁钢槽3构成，两个轴向磁钢槽3左右对称分布，两个轴向磁钢槽3的夹角为180度，两个轴向磁钢槽3的对称轴与对应的曲面12中的第一圆弧部121的对称轴X重合，轴向磁钢槽3内安装有磁钢4。

[0045] 实施例四：

[0046] 本实施例提出的一种永磁电机转子结构，其结构与实施例一的永磁电机转子结构的结构基本相同，不同之处仅在于每极磁钢槽的设计和布局上，如图10所示，在本实施例中，转子铁芯1上沿圆周方向均匀开设有2p(2p＝8)极磁钢槽，每极磁钢槽对应一个曲面12，每极磁钢槽由两个轴向磁钢槽3构成，两个轴向磁钢槽3左右对称分布，两个轴向磁钢槽3的夹角为大于90度且小于180度，两个轴向磁钢槽3的对称轴与对应的曲面12中的第一圆弧部121的对称轴X重合，轴向磁钢槽3内安装有磁钢4。

[0047] 实施例五：

[0048] 本实施例提出的一种永磁电机转子结构，其结构与实施例一的永磁电机转子结构的结构基本相同，不同之处仅在于每极磁钢槽的设计和布局上，如图11所示，在本实施例中，转子铁芯1上沿圆周方向均匀开设有2p(2p＝8)极磁钢槽，每极磁钢槽由一个轴向磁钢槽3构成，2p个轴向磁钢槽3以转子铁芯1的中心为中心呈辐射状分布，每个轴向磁钢槽3与两个曲面12的连接处对应，轴向磁钢槽3内安装有磁钢4。

[0049] 上述各个实施例中的转子铁芯1也可由多片具有相同形状的冲压导磁钢片沿轴向叠压而成。

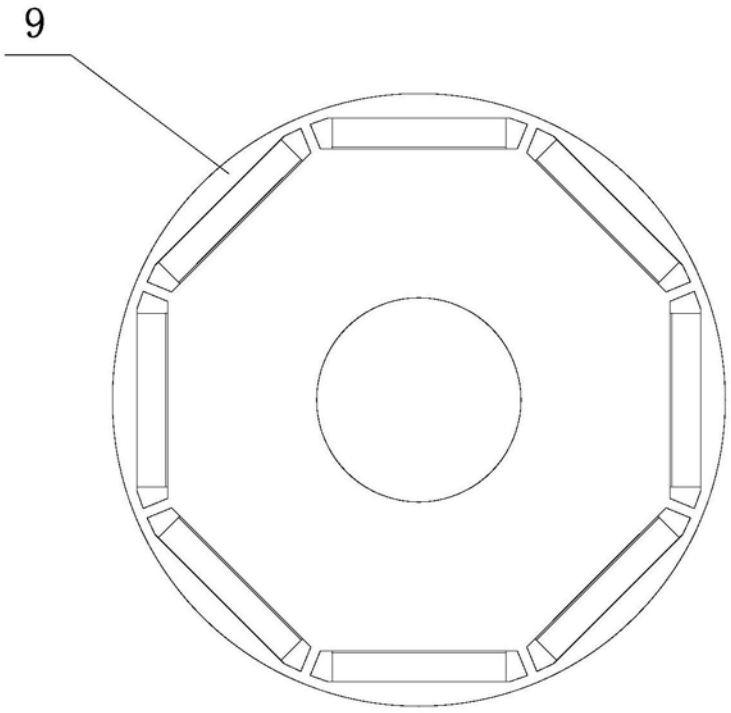


图1

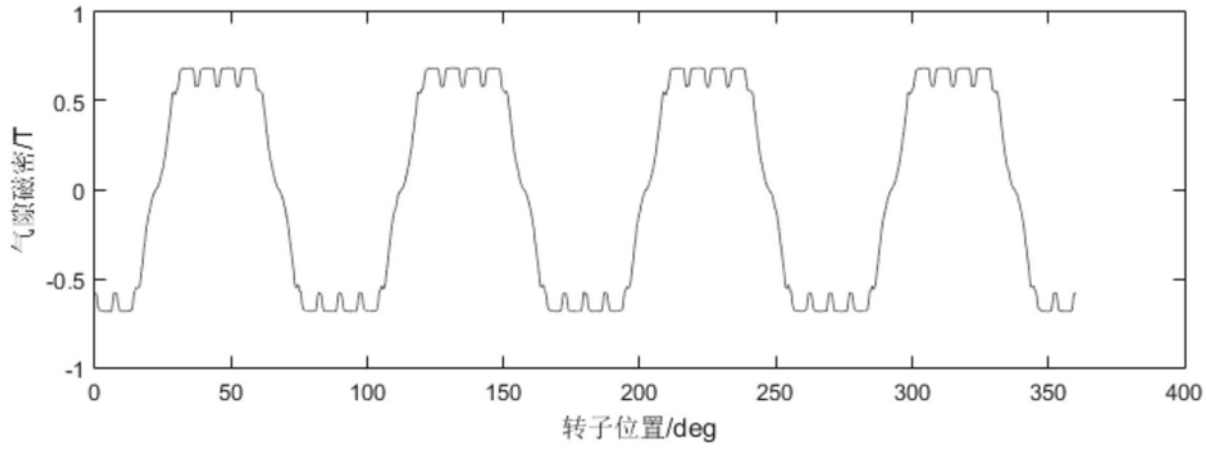


图2

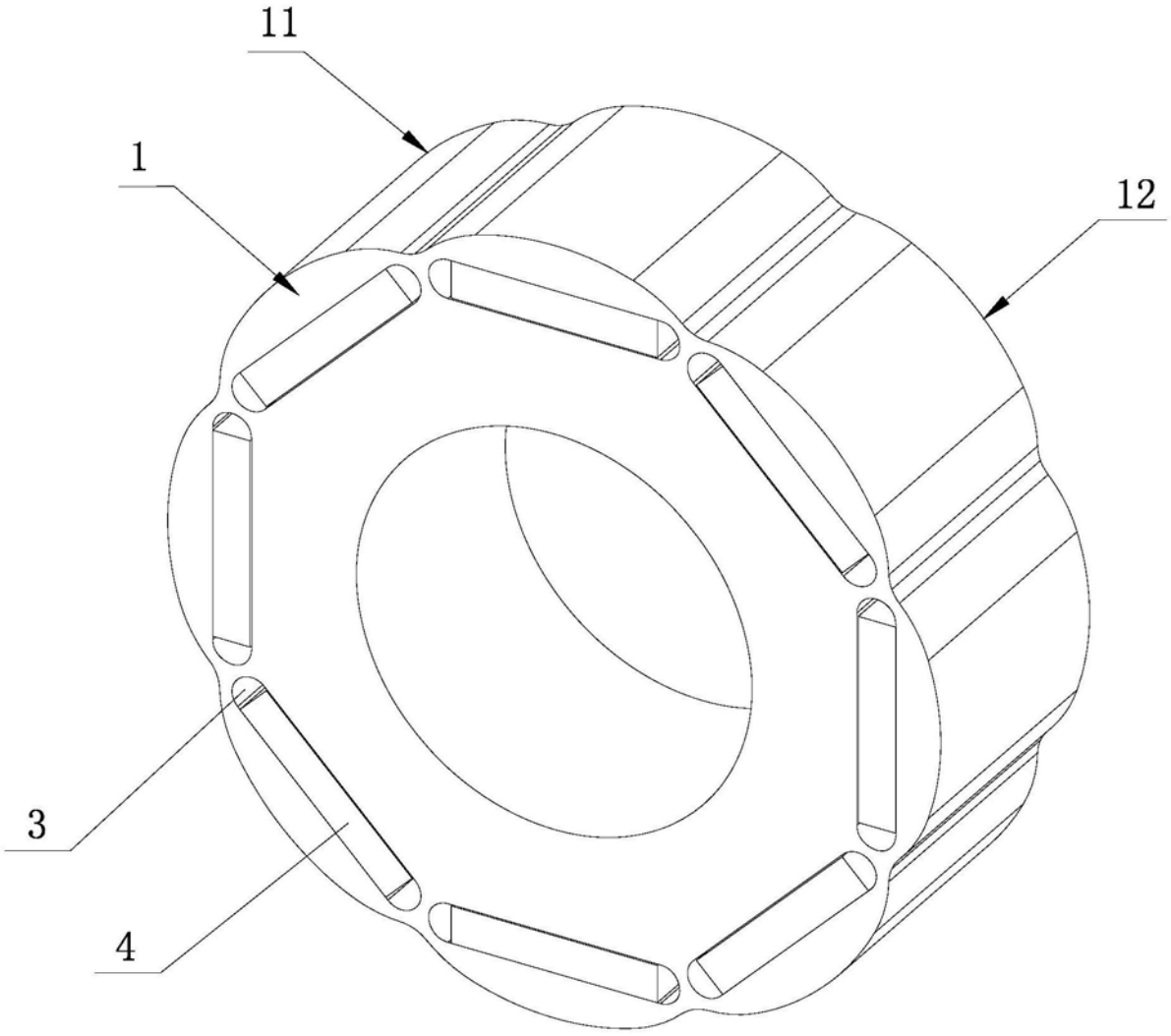


图3

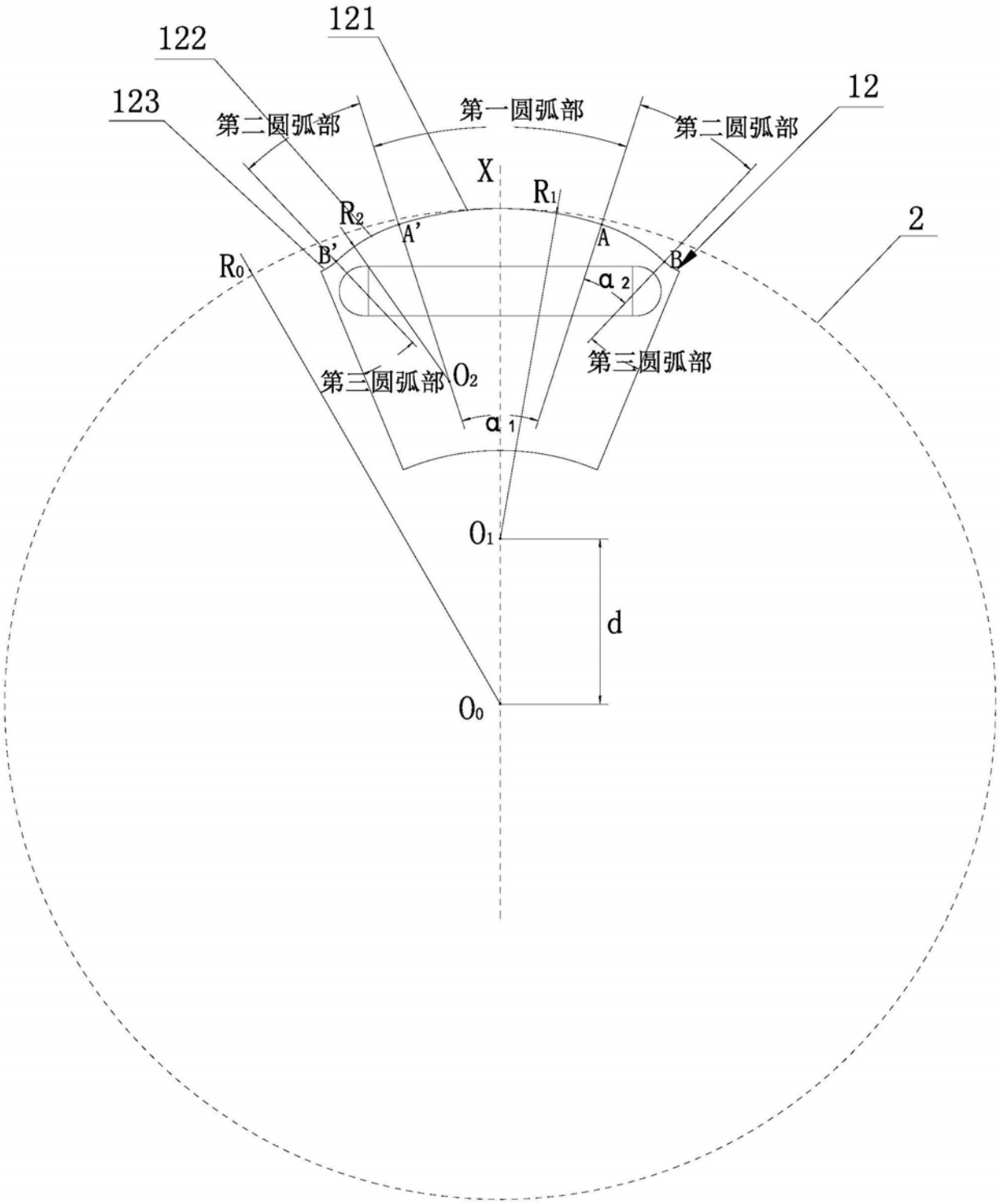

121
122
123
12
第二圆弧部
第一圆弧部
第二圆弧部
X
R1
R2
A'
A
B'
B
R0
2
α 2
第三圆弧部
O2
第三圆弧部
α 1
O1
d
O0

图4

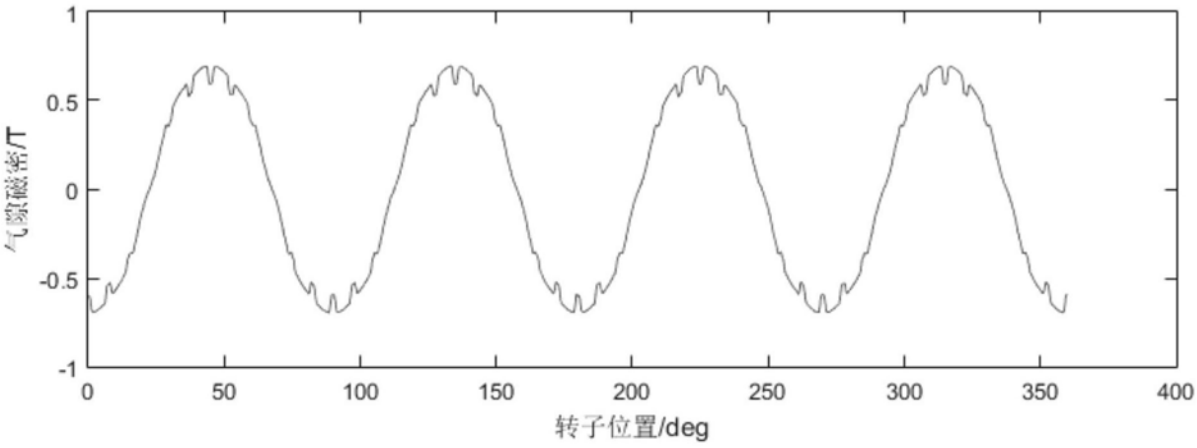


图5

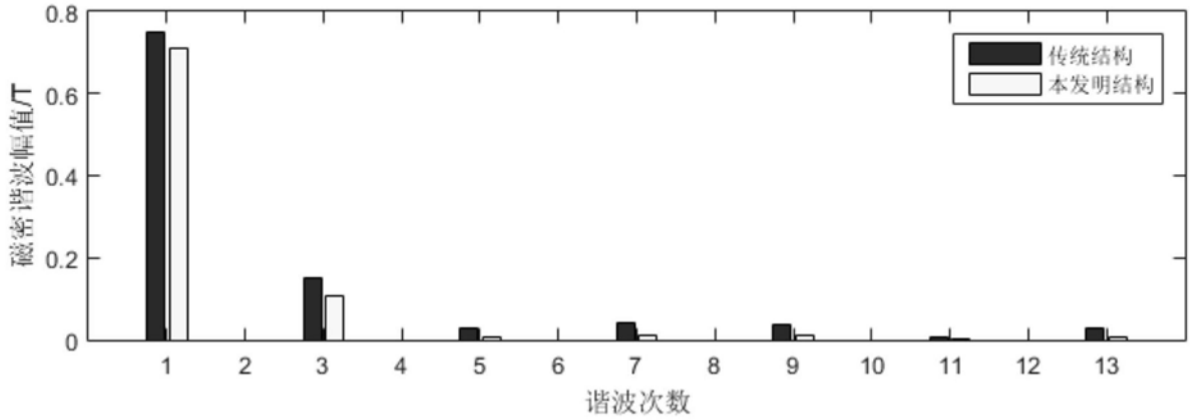


图6

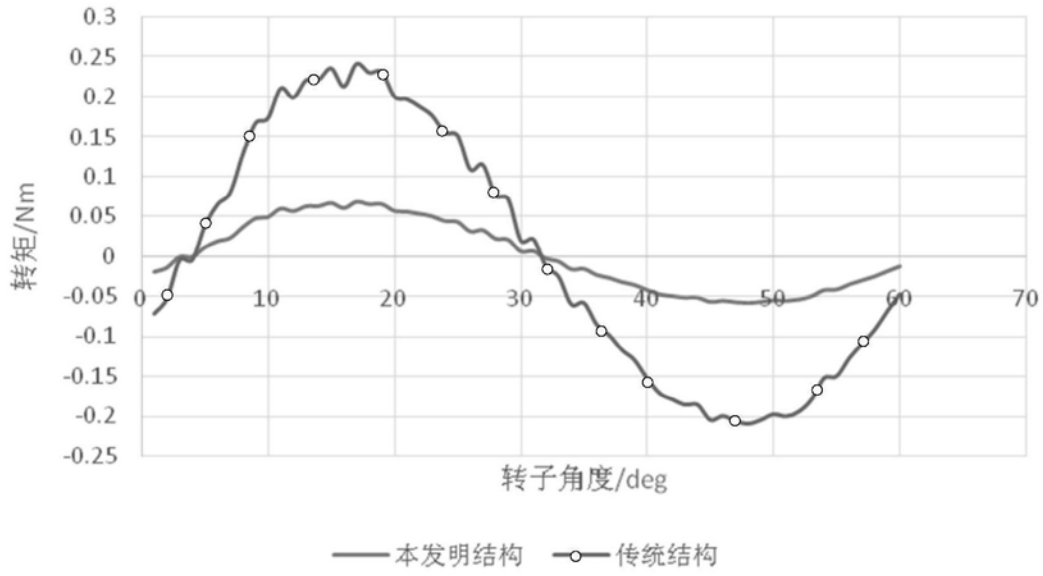

0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
-0.25
转矩/Nm
0
10
20
30
40
50
60
70
转子角度/deg
本发明结构
传统结构

图7

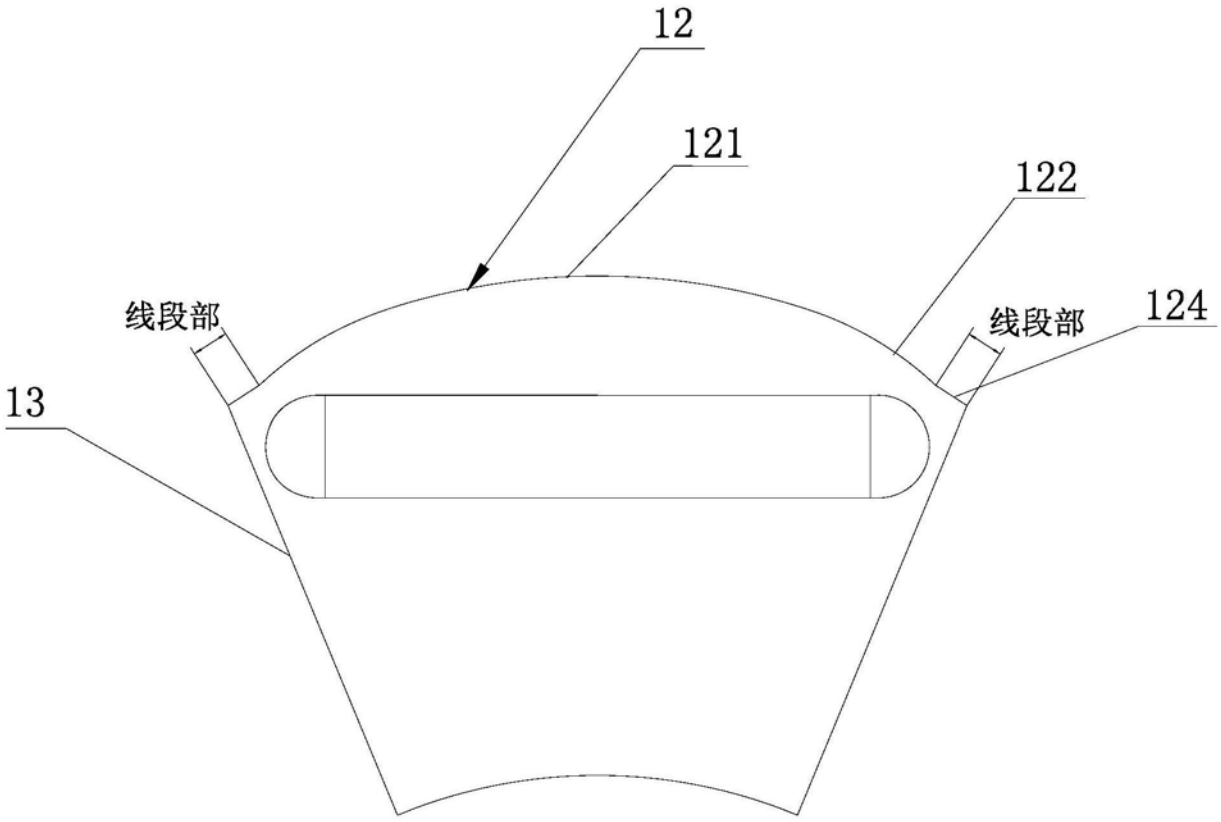

12
121
122
124
线段部
线段部
13

图8

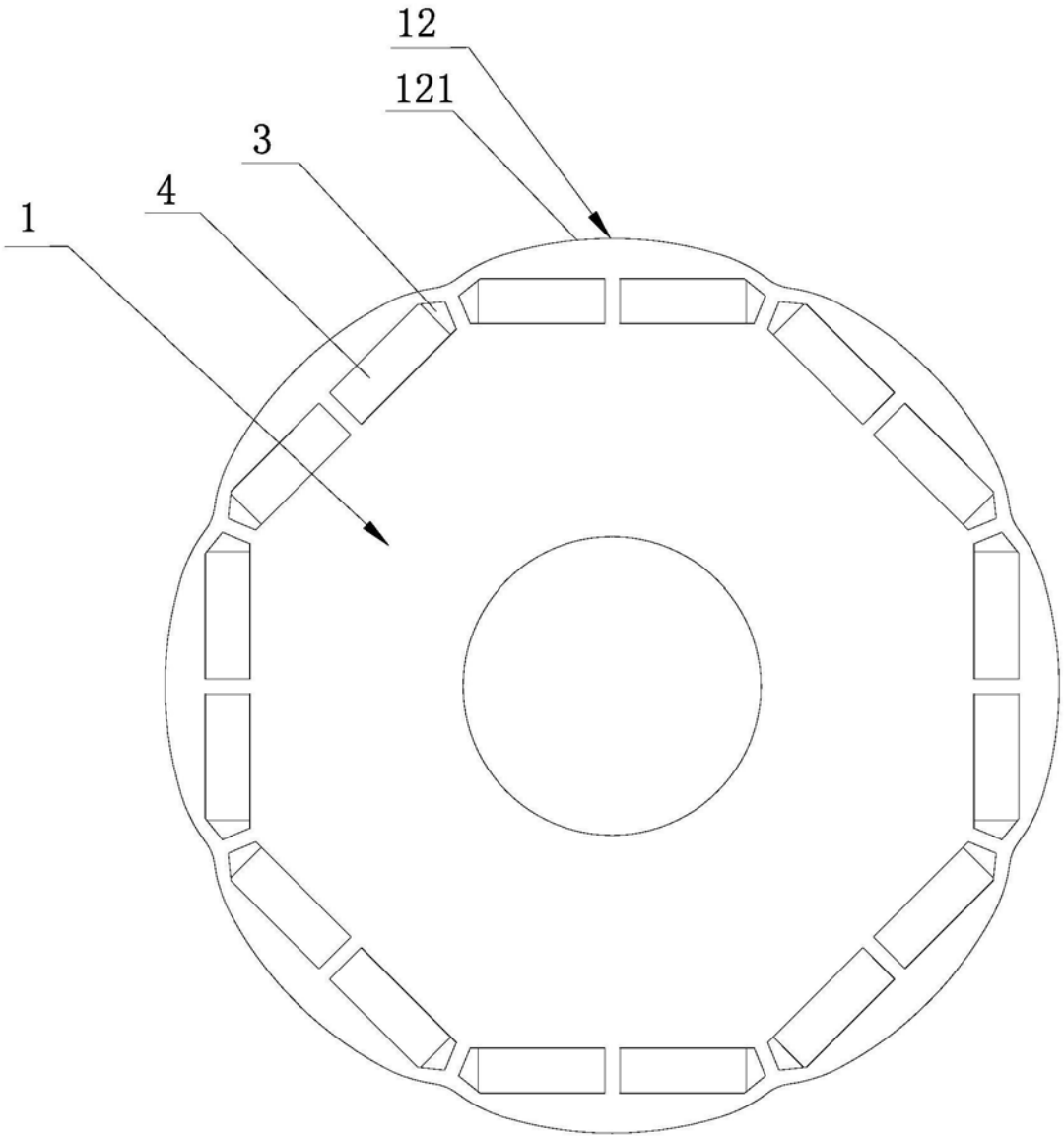


图9

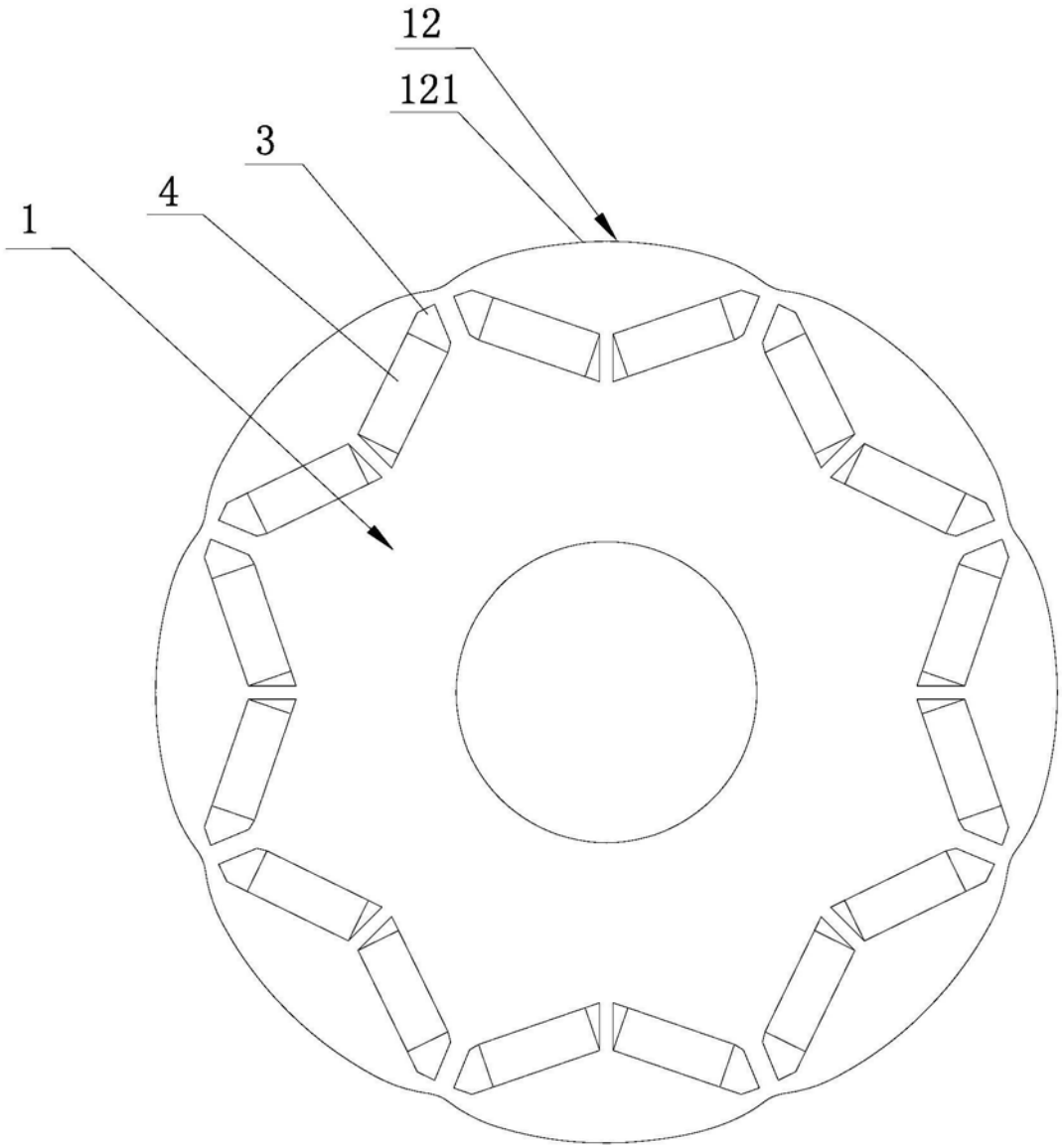


图10

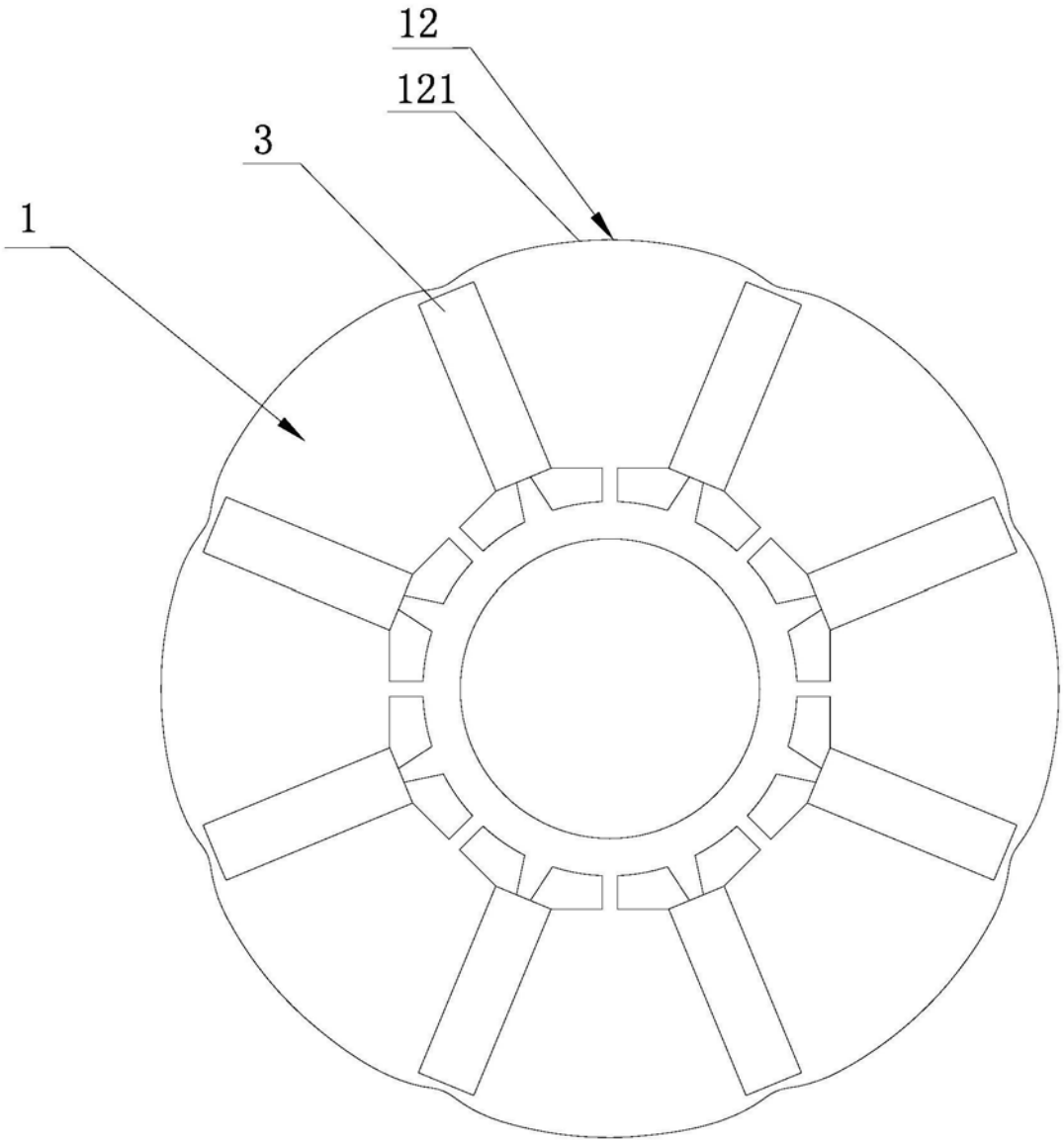


图11