

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 11 月 28 日 (28.11.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/239653 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 1/278 (2022.01) **H02K 21/02** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/143012
- (22) 国际申请日: 2023 年 12 月 29 日 (29.12.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310589544.5 2023年5月23日 (23.05.2023) CN
- (71) 申请人: 珠海格力电器股份有限公司
(**GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI**)
[CN/CN]; 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。珠海凯邦电机制造有限公司 (**ZHUHAI KAIBANG MOTOR MANUFACTURE CO., LTD**) [CN/CN]; 中国广东省珠海市斗门区斗门镇龙山二路西六号, Guangdong 519100 (CN)。
- (72) 发明人: 杨恒宇 (**YANG, Hengyu**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong

519031 (CN)。黄嘉辉 (**HUANG, Jiahui**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。杨文德 (**YANG, Wende**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。刘娜 (**LIU, Na**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。陈应翔 (**CHEN, Yingxiang**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。闫可歆 (**YAN, Kexin**); 中国广东省珠海市珠海横琴新区汇通三路108号办公608, Guangdong 519031 (CN)。

- (74) 代理人: 华进联合专利商标代理有限公司
(**ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE**); 中国广东省广州市天河区珠江东路6号4501房(部位: 自编01-03和08-12单元)(仅限办公用途), Guangdong 510623 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: ROTOR STRUCTURE AND MOTOR

(54) 发明名称: 转子结构和电机

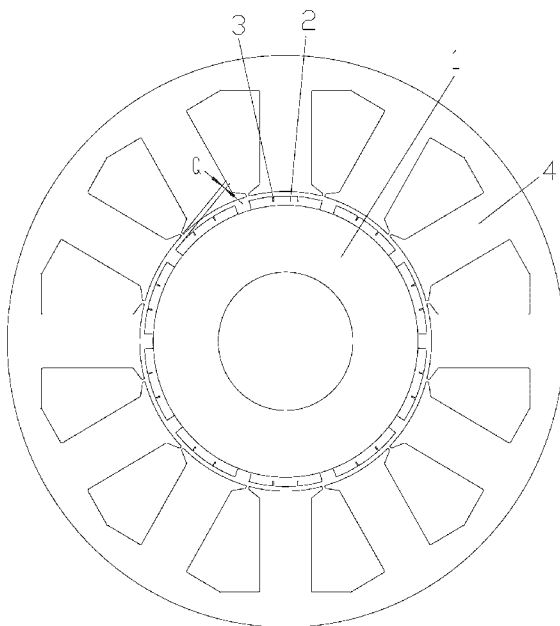


图 1

(57) Abstract: A rotor structure and a motor. The rotor structure comprises a rotor core (1) and permanent magnets (2) attached to the periphery of the rotor core (1). The number of the permanent magnets (2) is more than one, and the plurality of permanent magnets (2) are uniformly distributed along the circumferential direction of the rotor core (1). The outer surface of each permanent magnet (2) is provided with at least two grooves (3) which are symmetrical about the center line of magnetic poles of the permanent magnet (2).

(57) 摘要: 一种转子结构和电机。所述转子结构包括转子铁芯(1)和表贴在所述转子铁芯(1)的外周的永磁体(2), 所述永磁体(2)为多个, 所述多个永磁体(2)沿所述转子铁芯(1)的周向均匀分布, 每一永磁体(2)的外表面设置有关于每一所述永磁体(2)的磁极中心线对称的至少两个凹槽(3)。

CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

转子结构和电机

相关申请

本申请要求 2023 年 5 月 23 日申请的，申请号为 202310589544.5，名称为“转子结构和电机”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及电机技术领域，具体而言，涉及一种转子结构和电机。

背景技术

表贴型永磁同步电动机的转子每极由两块永磁体共同提供磁通，相比其他形式的转子电机，其功率密度可以达到更高。但是由于齿槽物理结构的特点以及钕铁硼永磁材料的广泛应用，电动机在运行过程中出现齿槽转矩和永磁体涡流损耗现象，这使得电机的转矩出现波动，永磁体温度上升，进而影响电机气隙磁密（气隙磁场）的分布，最终导致振动、噪声以及电机效率下降。所以如何解决高功率密度永磁同步电机的齿槽转矩及永磁体涡流损耗大的问题是电机开发者力求解决的问题。

发明内容

本申请的主要目的在于提供一种转子结构和电机，能够有效降低电机的齿槽转矩和涡流损耗，提高电机效率。

为了实现上述目的，根据本申请的一方面，提供了一种转子结构，包括转子铁芯和表贴在转子铁芯的外周的永磁体，永磁体为多个，多个永磁体沿转子铁芯的周向均匀分布，每一永磁体的外表面设置有关于每一永磁体的磁极中心线对称的至少两个凹槽。

在其中一实施例中，永磁体的径向厚度为 h_1 ，凹槽的径向高度为 h_2 ，其中 $0 < h_2 / h_1 \leq 0.7$ 。

在其中一实施例中，凹槽的数量为两个，凹槽的开口宽度为 b_2 ， $0 < b_2 \leq 1\text{mm}$ 。

在其中一实施例中，凹槽的开口宽度为 b_2 ， $0 < b_2 \leq 0.2\text{mm}$ 。

在其中一实施例中，凹槽的数量为两个，同一永磁体上的两个凹槽距离该永磁体的磁极中心线的间距为 b_1 ，永磁体的周向宽度为 $2a$ ， $0.1 \leq 2b_1/2a=b_1/a \leq 0.7$ ，优选地 $0.25 \leq 2b_1/2a=b_1/a \leq 0.5$ 。

在其中一实施例中， $1\text{mm} \leq b_1 \leq 6\text{mm}$ ， $15\text{mm} \leq 2a \leq 17\text{mm}$ 。优选地， $2\text{mm} \leq b_1 \leq 4\text{mm}$ ， $15\text{mm} \leq 2a \leq 17\text{mm}$ 。

在其中一实施例中， $2.5\text{mm} \leq b_1 \leq 3.5\text{mm}$ ， $2a=16\text{mm}$ 。

在其中一实施例中，凹槽的数量为两个，凹槽的开口宽度为 b_2 ，同一永磁体上的两个凹槽距离该永磁体的磁极中心线的间距为 b_1 ， b_1 与 b_2 之间的关系满足 $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 1.5$ 。

在其中一实施例中， $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 0.3$ 。

在其中一实施例中，在垂直于转子铁芯的旋转轴的截面上，凹槽的形状为矩形、U形、弧形或平行四边形。

在其中一实施例中，在垂直于转子铁芯的旋转轴的截面上，凹槽的形状为平行四边形，平行四边形包括沿周向位于两侧的侧边，其中一个侧边的外端端点与转子铁芯的圆心之间的连线与侧边所形成的夹角为 θ_3 ，其中 θ_3 满足 $15^\circ \leq \theta_3 \leq 75^\circ$ 。

在其中一实施例中，凹槽沿转子铁芯的旋转轴轴向延伸。

在其中一实施例中，凹槽沿旋转轴轴向贯穿转子铁芯的两端；或，凹槽沿轴向贯穿转子铁芯的一端；或，凹槽距离转子铁芯的两个端面均具有预设间距。

根据本申请的另一方面，提供了一种电机，包括转子结构，该转子结构为上述的转子结构。

在其中一实施例中，电机还包括定子结构，转子结构套设在定子结构内，定子结构包括定子绕组，定子绕组为集中绕组。

应用本申请的技术方案，转子结构包括转子铁芯和表贴在转子铁芯的外周的永磁体，永磁体为多个，多个永磁体沿转子铁芯的周向均匀分布，每一永磁体的外表面设置有关于该永磁体的磁极中心线对称的至少两个凹槽。通过在转子结构上开设关于每一永磁体的磁极中心线对称的至少两个凹槽，能够利用凹槽对位于永磁体表面的磁路进行优化调整，改

善定转子之间的磁场分布状况，降低齿槽转矩，降低永磁体表面的集肤效应，有效地减小永磁体表面的电涡流密度，从而提高了电机效率。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。在附图中：

图 1 示出了本申请的实施例的电机的结构示意图；

图 2 示出了本申请的实施例的转子结构的结构尺寸图；

图 3 示出了本申请的实施例的转子结构的结构尺寸图；

图 4 示出了本申请的实施例的电机的结构示意图；

图 5 示出了图 4 的 A 处的局部放大图；

图 6 示出了相关技术中未开槽永磁体的等效阻抗图；

图 7 示出了本申请的实施例的开槽永磁体的等效阻抗图；

图 8 示出了相关技术中未开槽永磁体的涡流分布图；

图 9 示出了本申请的实施例的开槽永磁体的涡流分布图；

图 10 示出了相关技术中未开槽永磁体的齿槽转矩曲线图；

图 11 示出了本申请的实施例的转子结构的齿槽转矩的 b1、b2 曲线图；以及

图 12 示出了本申请的实施例的转子结构的齿槽转矩的 h1 曲线图。

其中，上述附图包括以下附图标记：

1、转子铁芯；2、永磁体；3、凹槽；4、定子结构。

具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

结合参见图 1 至图 5 所示, 根据本申请的实施例, 转子结构包括转子铁芯 1 和表贴在转子铁芯 1 的外周的永磁体 2, 永磁体 2 为多个, 多个永磁体 2 沿转子铁芯 1 的周向均匀分布, 永磁体 2 的外表面设置有关于该永磁体 2 的磁极中心线对称的至少两个凹槽 3。

通过在转子结构上开设关于永磁体 2 的磁极中心线对称的至少两个凹槽 3, 能够利用凹槽 3 对位于永磁体 2 表面的磁路进行优化调整, 改善定转子之间的磁场分布状况, 降低齿槽转矩, 降低永磁体 2 表面的集肤效应, 有效地减小永磁体 2 表面的电涡流密度, 从而降低永磁体温升, 提高电机效率。

在一个实施例中, 转子铁芯 1 的外周为整圆结构, 永磁体 2 通过胶水固定粘接在转子铁芯 1 的表面, 然后再进行充磁。在本实施例中, 永磁体 2 完全位于转子铁芯 1 外侧。

在一个实施例中, 在转子铁芯 1 的外周壁上开设有安装槽, 永磁体 2 嵌入安装槽内, 然后通过胶水进行粘接固定。在本实施例中, 永磁体 2 可以完全嵌入安装槽内, 也可以部分嵌入安装槽内。

在一个实施例中, 永磁体 2 为切向充磁, 相邻两块永磁体 2 互相面对的面极性相同, 从而共同提供该极的磁动势, 大大提高了电机的功率密度, 使得电机可以实现小型化。

在一个实施例中, 永磁体 2 的数量为 10 个。

在一个实施例中, 永磁体 2 为瓦片型。

在一个实施例中, 永磁体 2 的径向厚度为 h_1 , 凹槽 3 的径向高度为 h_2 , 其中 $0 < h_2 / h_1 \leq 0.7$ 。

在本实施例中, 通过限定永磁体 2 的径向厚度 h_1 与凹槽 3 的径向高度 h_2 之间的比例关系, 能够使得 h_2 的取值与 h_1 相关联, 从而能够通过 h_1 对 h_2 进行限定, 使得凹槽 3 的径向高度能够根据永磁体 2 的径向厚度的变化适应性调节, 可以获得一个较好的配合关系, 使得获取到的永磁体 2 既能够有效破坏永磁体表面的集肤效应, 降低永磁体 2 表面的涡流, 从而降低永磁体 2 的温升, 提高永磁体 2 的工作性能。

h_2 表示永磁体 2 的开槽深度, 因此 h_2 的取值不应过大, 需要能够保证永磁体 2 的机械强度。为了达到该目的, 永磁体 2 的开槽深度 h_2 应该不超过永磁体 2 的径向厚度 h_1 的 70%, 也即 $0 < h_2 / h_1 \leq 0.7$ 。

在一个实施例中, $0.1 \leq h_2 / h_1 \leq 0.7$, 既可以保证永磁体 2 上的凹槽 3 有足够的深度, 能够对永磁体 2 的表面结构进行优化, 有效破坏永磁体 2 表面的集肤效应, 降低涡流损耗, 又可以避免永磁体 2 上的凹槽 3 的深度过大而大幅降低永磁体 2 的机械强度, 保证永磁体 2 能够稳定可靠运行。

在一个实施例中, 每一永磁体 2 上开设的凹槽 3 的数量为两个, 凹槽 3 的开口宽度为 b_2 , $0 < b_2 \leq 1\text{mm}$ 。

通过对凹槽 3 的开口宽度进行限定, 使其不超过 1mm, 能够避免开槽宽度过大而降低永磁体的机械强度和电机性能。

在一个实施例中, 凹槽 3 的开口宽度为 b_2 , $0 < b_2 \leq 0.2\text{mm}$, 可以在避免开槽宽度过大而降低永磁体的机械强度和电机性能的基础上, 更加有效地降低电机的齿槽转矩。

在一个实施例中, 每一永磁体 2 上开设的凹槽 3 的数量为两个, 同一永磁体 2 上的两个凹槽 3 距离该永磁体 2 的磁极中心线的间距均为 b_1 , 永磁体 2 的周向宽度为 $2a$, $0.25 \leq 2b_1/2a = b_1/a \leq 0.5$ 。

结合参见图 11 和图 12 所示, 当 $b_1=0.5$ 、1、3 和 4mm 时, 齿槽转矩随着 b_2 的增大而逐渐增大, 当 $b_1=2$ 和 5.5mm 时, 齿槽转矩随着 b_2 的增大而逐渐减小。因此, 可以根据该特点确定齿槽转矩的波谷范围, 进而确定两个凹槽 3 之间的间距 $2b_1$ 与永磁体 2 的周向宽度 $2a$ 之间的关系, 使得电机所产生的齿槽转矩能够控制在一个较优范围内。经研究发现, 当 b_1 和 a 之间的关系满足 $0.1 \leq b_1/a \leq 0.7$ 时, 电机的齿槽转矩降低, 优选地, 当 b_1 和 a 之间的关系满足 $0.25 \leq b_1/a \leq 0.5$ 时, 永磁体 2 的开槽能够较好地降低电机的齿槽转矩。

结合参见图 10 和图 11 所示, 对相关技术中永磁体未开槽电机的齿槽转矩和本申请实施例的永磁体开槽电机的齿槽转矩进行比较, 可以看出, 当 $b_2=0.2\text{mm}$, $b_1=0.5$ 、3、3.5、4 和 6mm 时, 永磁体开槽的电机的齿槽转矩小于未开槽时的电机的齿槽转矩。

当选取图 11 中效果较好的两个点 $b_1=0.5$ 、 $b_2=0.2\text{mm}$ 和 $b_1=0.35$ 、 $b_2=0.4\text{mm}$, 使用这两点的参数然后改变 h_1 数值, 从图 12 中可以看出齿槽转矩随着 h_2 的增大而逐渐降低, 但是当 h_2 在 0.9–1mm 以后, 降低趋势变得很缓慢。因此, 可以根据该特点确定 $0.4 \leq h_2/h_1 \leq 0.5$ 时, 是降低齿槽转矩的优解。

从图 11 和图 12 可以看出, 通过对比 b_1 、 b_2 参数和 h_2 参数对齿槽转矩的影响情况, 得出 b_1 、 b_2 参数对电机的齿槽转矩影响较大, 而开槽深度 h_2 在达到一定值以后对电机齿槽转矩的影响较小, 所以在对永磁体进行开槽处理时, 可以首先根据 h_1 的大小预设开槽深度 h_2 , 然后着重关注参数 b_1 和 b_2 , 也即同一永磁体 2 上开设的两个凹槽 3 的间距和凹槽 3 的开口宽度设计。

在一个实施例中, $1\text{mm} \leq b_1 \leq 6\text{mm}$, $15\text{mm} \leq 2a \leq 17\text{mm}$, 优选地 $2\text{mm} \leq b_1 \leq 4\text{mm}$, $15\text{mm} \leq 2a \leq 17\text{mm}$ 。两个凹槽 3 之间的间隔受永磁体 2 的周向宽度 $2a$ 影响, 两者之间的匹配关系对电机的齿槽转矩存在较大影响, 通过合理限定两者的数值匹配关系, 能够使得永磁体 2 表面的凹槽形成良好的结构设计, 可以将电机的齿槽转矩控制在一个较低的范围内, 提高电机的工作性能, 降低永磁体温升。

在一个实施例中, $2.5\text{mm} \leq b_1 \leq 3.5\text{mm}$, $2a=16\text{mm}$ 。

在一个实施例中, 每一永磁体 2 上开设的凹槽 3 的数量为两个, 凹槽 3 的开口宽度为 b_2 , 同一永磁体 2 上的两个凹槽 3 距离该永磁体 2 的磁极中心线的间距为 b_1 , b_1 与 b_2 之间的关系满足 $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 1.5$, 能够使电机的齿槽转矩较小。

在一个实施例中, $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 0.3$, 在该取值范围内凹槽 3 的结构设计较优, 使得凹槽 3 的开口宽度与两个凹槽 3 之间的间距的匹配关系更好, 可以更加有效地减小电机的齿槽转矩。

在一个实施例中, 如图 3 所示, 凹槽 3 在开口处的宽度最大。

在一个实施例中, 电机的参数如下:

转子外径=63mm;

气隙长度 $Q=1\text{mm}$;

定子外径=124mm;

永磁体厚度 $h_1=2\text{mm}$ 。

公式 1 是电机齿槽转矩的计算公式, 式 1 中 l 表示电机轴向长度。

$$T_{\text{cog}} = \frac{l R_s^2}{\mu_0} \int_0^{2\pi} B_r B_\theta d\theta \dots \dots \dots (1)$$

如图 10 所示,对相关技术中永磁体未开槽电机的齿槽转矩进行仿真,可以计算出齿槽转矩=58.0315mN.m。

其中 h_2 的取值为小于或等于 1.4mm, $b_2 \leq 1\text{mm}$ 。

在一个实施例中,如图 3 所示,同一永磁体 2 上的两个凹槽 3 之间的夹角为 θ_1 , $6^\circ \leq \theta_1 \leq 15^\circ$ 。 θ_1 能够限定两个凹槽 3 之间的夹角,与转子铁芯 1 的直径配合,能够确定两个凹槽 3 之间的间隔距离。

在一个实施例中,如图 3 所示,每一凹槽 3 的两个侧边的径向外端点与转子铁芯 1 的中心连线之间的夹角为 θ_2 , $0.5^\circ \leq \theta_2 \leq 2^\circ$ 。

凹槽 3 的形状可以为多种,在一个实施例中,在垂直于转子铁芯 1 的中心轴线的截面上,凹槽 3 的形状为矩形、U 形、弧形或平行四边形。

在一个实施例中,如图 3 所示,在垂直于转子铁芯 1 的旋转轴的截面上,凹槽 3 的形状为平行四边形,平行四边形包括沿周向位于两侧的侧边,与侧边所形成的夹角为 θ_3 ,其中 θ_3 满足 $15^\circ \leq \theta_3 \leq 75^\circ$ 。

在本实施例中,凹槽 3 的形状为平行四边形,使得凹槽 3 形成倾斜结构,可以更加有效地降低永磁体 2 的涡流损耗,提高永磁体的工作性能。

在一个实施例中,凹槽 3 沿转子铁芯 1 的旋转轴轴向延伸。

在一个实施例中,凹槽 3 沿旋转轴轴向贯穿转子铁芯 1 的两端,该种结构加工简单,且能够更加有效地隔断永磁体 2 的表面结构,更加有效地破坏永磁体 2 表面的集肤效应。

在一个实施例中,凹槽 3 沿旋转轴轴向贯穿转子铁芯 1 的一端。

在一个实施例中,凹槽 3 距离转子铁芯 1 的两个端面均具有预设间距。

凹槽 3 的轴向延伸长度可以根据需要进行设计和布置,因此结构设计更加灵活,可以更加方便地获得所需的结构。

永磁体 2 的等效阻抗简化模型如图 6 和图 7 所示,其中图 6 为相关技术中未开槽永磁体的等效阻抗模型图,图 7 为本申请实施例的开槽永磁体 2 的等效阻抗模型图,其中永磁体 2 宽度为 $2a$,永磁体轴向长度为 $2b$ 。永磁体分块效应可以理解为永磁体等效电阻的增加。

当永磁体 2 上设置两个凹槽 3 之后, 相当于永磁体 2 的表面被分割成三段, 切割面多了 2 个等效电阻 R_b 。当永磁体分割成 N 段之后, 将会多出 $N-1$ 个等效电阻 R_b 。

根据涡流的集肤效应可知, 涡流分布在永磁体表面。永磁体开槽前后涡流分布如图 8 和图 9 所示, 其中图 8 为相关技术中的未开槽永磁体的涡流分布图, 图 9 为本申请实施例的开槽永磁体 2 的涡流分布图, 从图 8 和图 9 的对比可以看出, 永磁体 2 开槽后可以有效地减小永磁体 2 表面的电涡流密度。

通过公式 2 可以计算得到永磁体 2 开槽前后涡流损耗, 其中 N 表示永磁体分段数; 计算得到采用未开槽永磁体的电机涡流损耗 $W_{\text{未开槽}}=45\text{W}$, 采用开槽永磁体的电机 $W_{\text{开槽}}=18\text{W}$ 。

$$\frac{W_{\text{开槽}}}{W_{\text{未开槽}}} = \frac{\frac{[d(\Phi/N)]^2}{2(R_a + NR_b)} N}{\frac{(d\Phi^2)}{2(R_a + R_b)}} \approx \frac{a+b}{Na + N^2b} \dots\dots\dots (2)$$

采用开槽永磁体的电机涡流损耗与采用未开槽永磁体的电机的涡流损耗的差值为 $45-18=27\text{W}$, 涡流损耗降低比例为 $27\text{W}/45\text{W}=60\%$, 也即采用本申请实施例的转子结构的电机, 涡流损耗比相关技术中的电机降低了 60%, 涡流损耗大幅度降低, 因此永磁体温升得到有效控制, 电机性能得到有效提升。

根据计算结果可以看出, 永磁体开槽可以很好地减小永磁体涡流损耗。

综合以上分析, 当固定气隙长度 $Q=1\text{mm}$, 转子外径 $=63\text{mm}$ 且永磁体厚度 $=2\text{mm}$ 时, 通过在永磁体中心线两侧对称位置开设凹槽 3, 改变凹槽 3 的槽宽 b_2 、两个槽间距 $2b_1$ 和凹槽 3 的径向高度 h_2 , 可以很好的降低电机的齿槽转矩; 通过对永磁体进行周向开槽, 可以有效地降低永磁体的涡流损耗, 进而改善永磁体发热情况。

根据本申请的实施例, 电机包括转子结构, 该转子结构为上述的转子结构。

在一个实施例中, 如图 1 所示, 电机还包括定子结构 4, 转子结构套设在定子结构 4 内, 定子结构 4 包括定子绕组, 定子绕组为集中绕组。

定子结构 4 的定子铁芯与转子结构的永磁体 2 之间形成空气隙, 气隙长度为 Q 。定子铁芯和转子铁芯由电永磁体板充制叠压而成, 转子大部分结构为主磁路, 和定子铁芯共同为磁动势提供磁路。

在一个实施例中，电机为永磁同步电机。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

需要说明的是，本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本申请的实施方式能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求

1. 一种转子结构，其特征在于，包括转子铁芯（1）和表贴在所述转子铁芯（1）的外周的永磁体（2），所述永磁体（2）为多个，所述多个永磁体（2）沿所述转子铁芯（1）的周向均匀分布，每一永磁体（2）的外表面设置有关于每一所述永磁体（2）的磁极中心线对称的至少两个凹槽（3）。

2. 根据权利要求1所述的转子结构，其特征在于，所述永磁体（2）的径向厚度为 h_1 ，所述凹槽（3）的径向高度为 h_2 ，其中 $0 < h_2 / h_1 \leq 0.7$ 。

3. 根据权利要求1所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）的数量为两个，所述凹槽（3）的开口宽度为 b_2 ， $0 < b_2 \leq 1\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求3所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）的开口宽度为 b_2 ， $0 < b_2 \leq 0.2\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）的数量为两个，同一所述永磁体（2）上的两个所述凹槽（3）距离该永磁体（2）的磁极中心线的间距为 b_1 ，所述永磁体（2）的周向宽度为 $2a$ ， $0.1 \leq 2b_1/2a = b_1/a \leq 0.7$ 。

6. 根据权利要求5所述的转子结构，其特征在于， $1\text{mm} \leq b_1 \leq 6\text{mm}$ ， $15\text{mm} \leq 2a \leq 17\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求6所述的转子结构，其特征在于， $2.5\text{mm} \leq b_1 \leq 3.5\text{mm}$ ， $2a = 16\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求1所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）的数量为两个，所述凹槽（3）的开口宽度为 b_2 ，同一所述永磁体（2）上的两个所述凹槽（3）距离该永磁体（2）的磁极中心线的间距为 b_1 ， b_1 与 b_2 之间的关系满足 $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 1.5$ 。

9. 根据权利要求8所述的转子结构，其特征在于， $0.1 \leq b_2/b_1 \leq 0.3$ 。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的转子结构，其特征在于，在垂直于所述转子铁芯（1）的旋转轴的截面上，所述凹槽（3）的形状为矩形、U形、弧形或平行四边形。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的转子结构，其特征在于，在垂直于所述转子铁芯（1）的旋转轴的截面上，所述凹槽（3）的形状为平行四边形，所述平行四边形包括沿周向位于两侧的侧边，其中一个所述侧边的外端端点与所述转子铁芯的圆心之间的连线与所述侧边所形成的夹角为 θ_3 ，其中 θ_3 满足 $15^\circ \leq \theta_3 \leq 75^\circ$ 。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）沿所述转子铁芯（1）的旋转轴轴向延伸。

13. 根据权利要求 12 所述的转子结构，其特征在于，所述凹槽（3）沿所述旋转轴轴向贯穿所述转子铁芯（1）的两端；或，所述凹槽（3）沿所述轴向贯穿所述转子铁芯（1）的一端；或，所述凹槽（3）距离所述转子铁芯（1）的两个端面均具有预设间距。

14. 一种电机，包括转子结构，其特征在于，所述转子结构为权利要求 1 至 13 中任一项所述的转子结构。

15. 根据权利要求 14 所述的电机，其特征在于，所述电机还包括定子结构（4），所述转子结构套设在所述定子结构（4）内，所述定子结构（4）包括定子绕组，所述定子绕组为集中绕组。

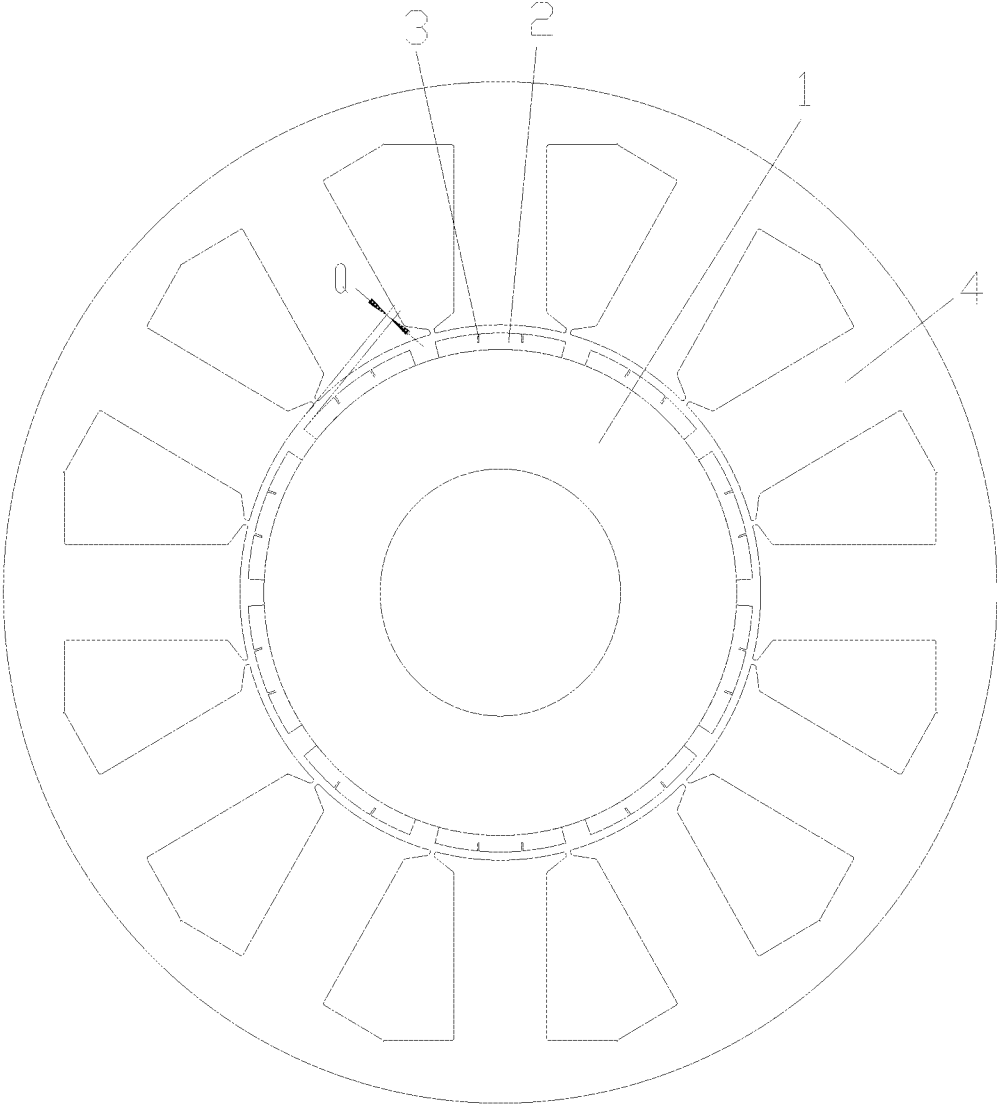


图 1

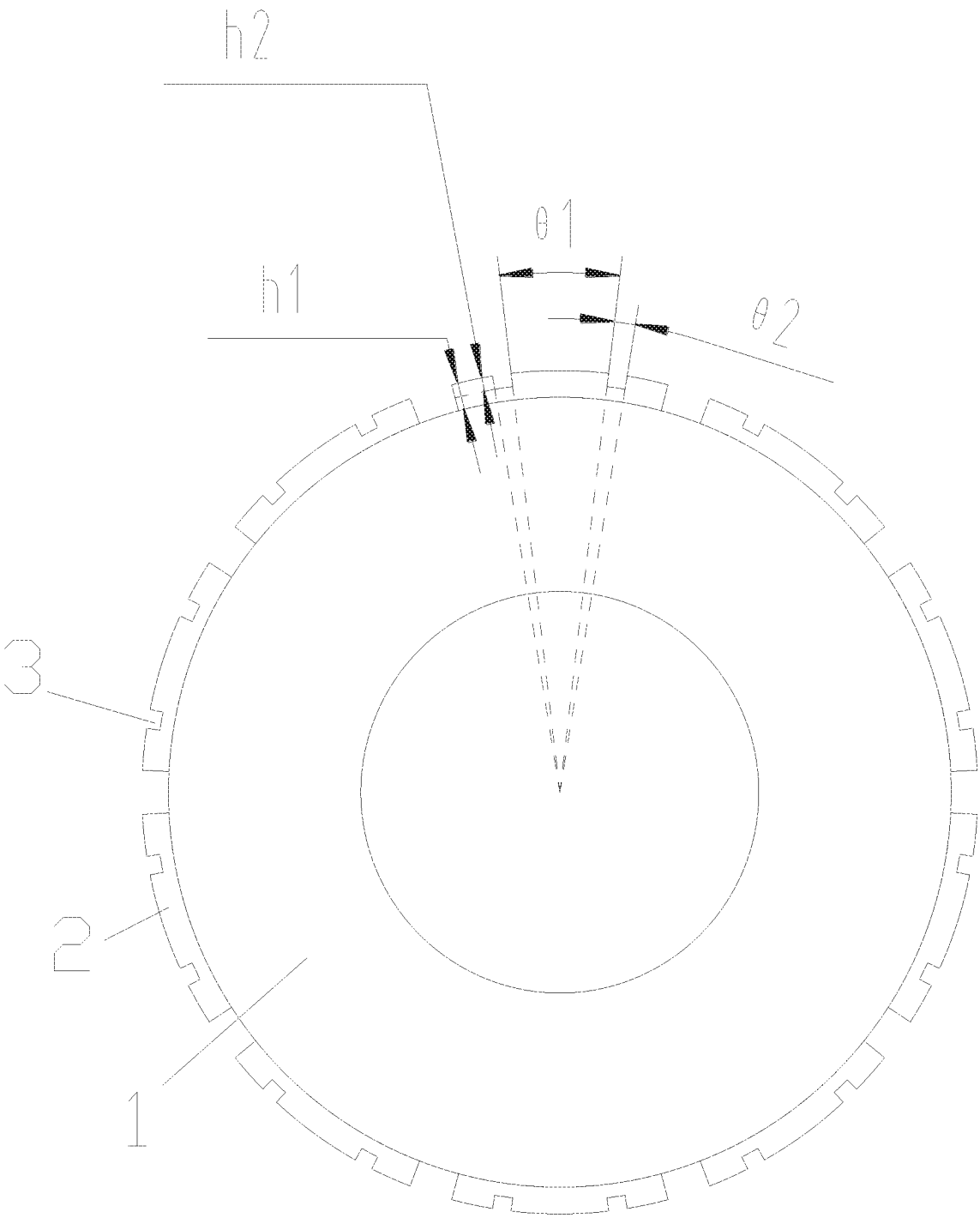


图 2

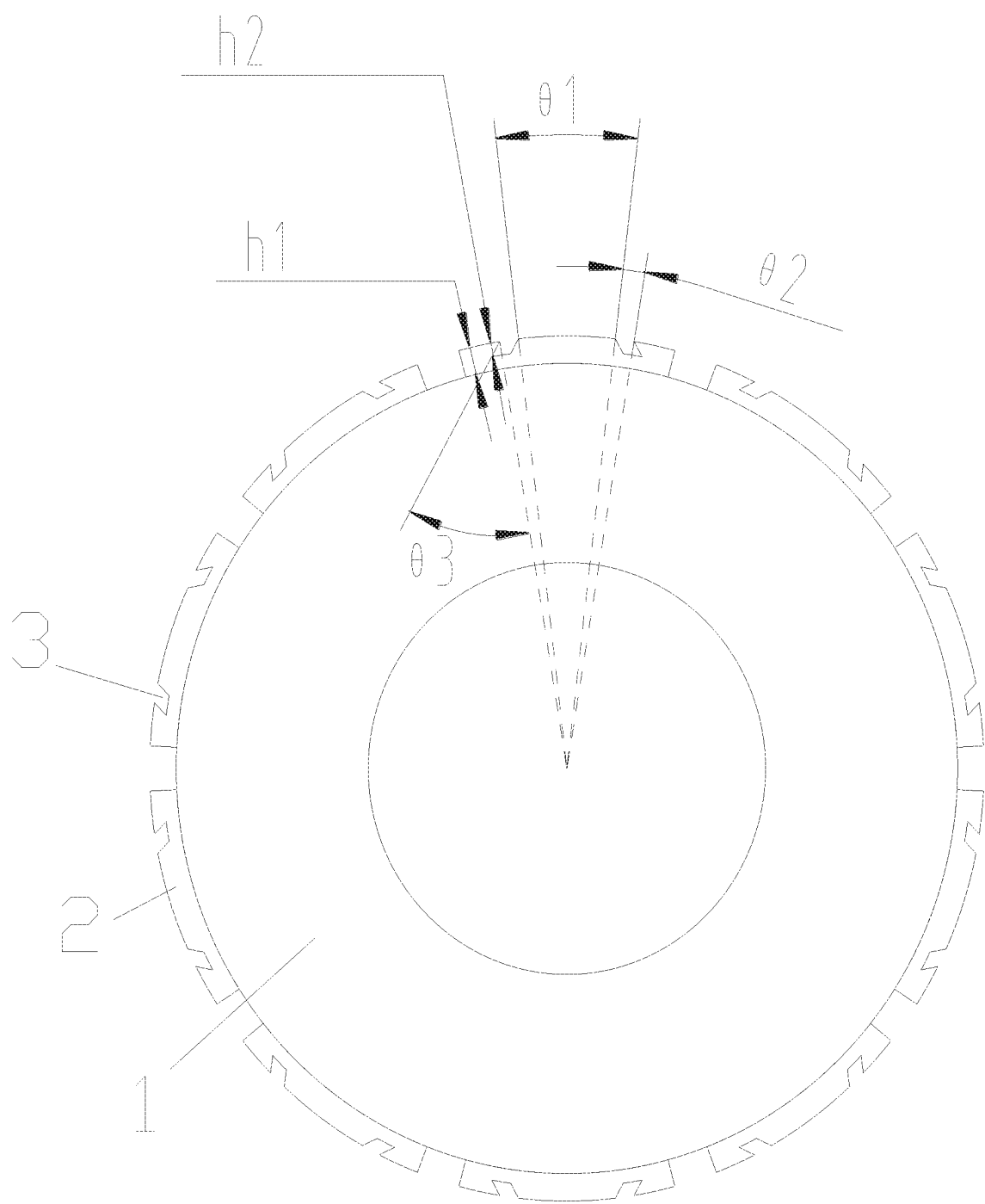


图 3

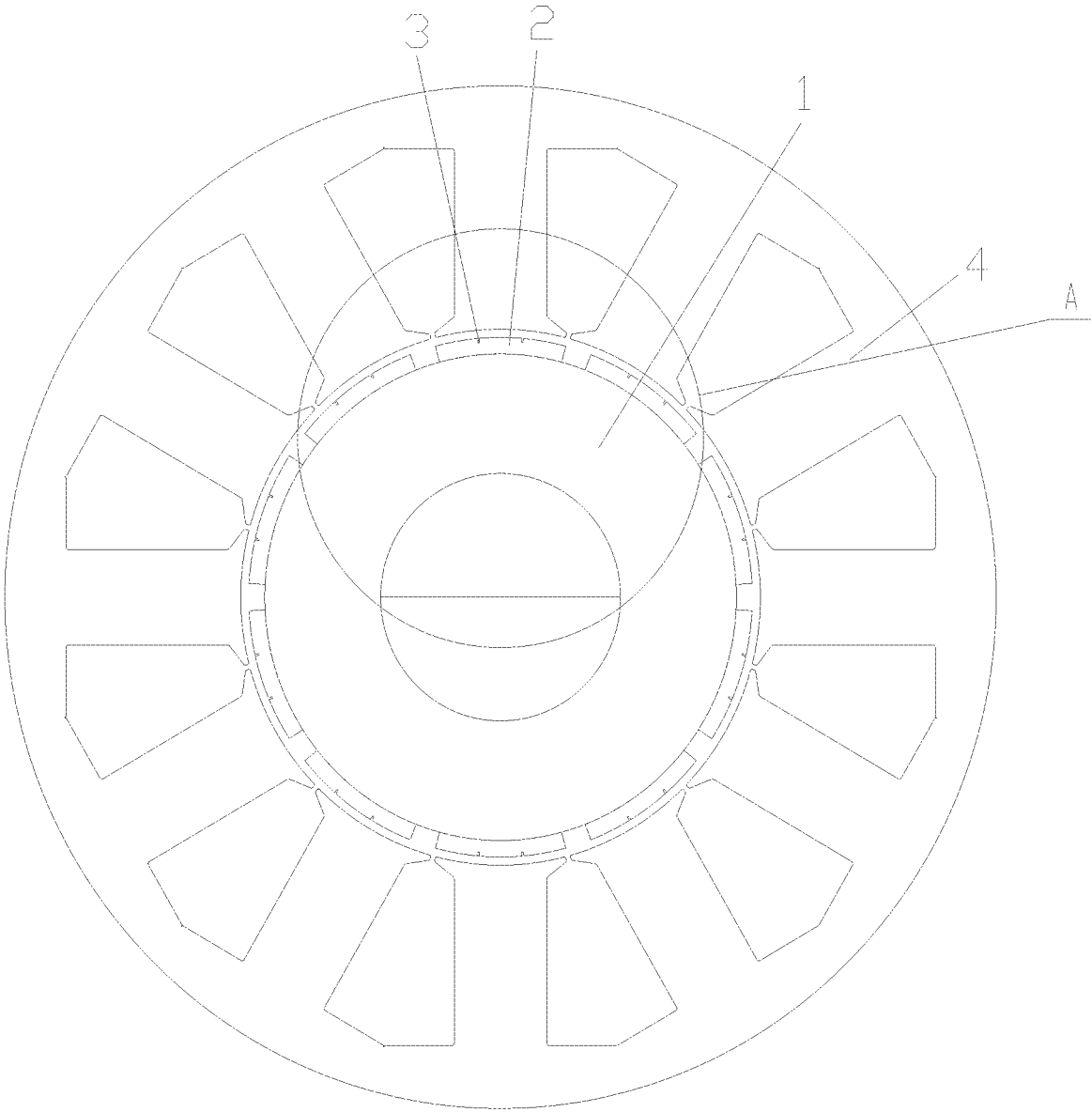


图 4

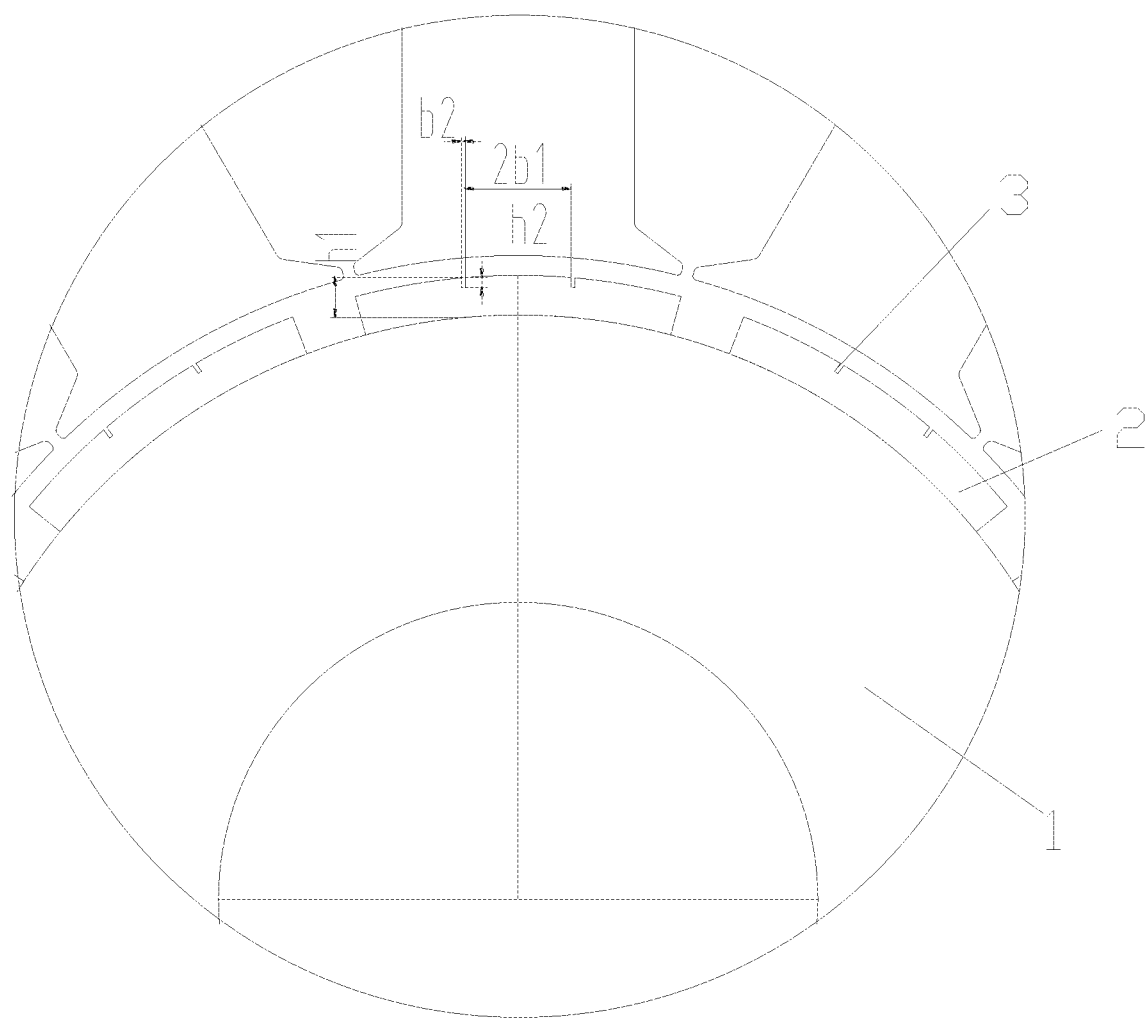


图 5

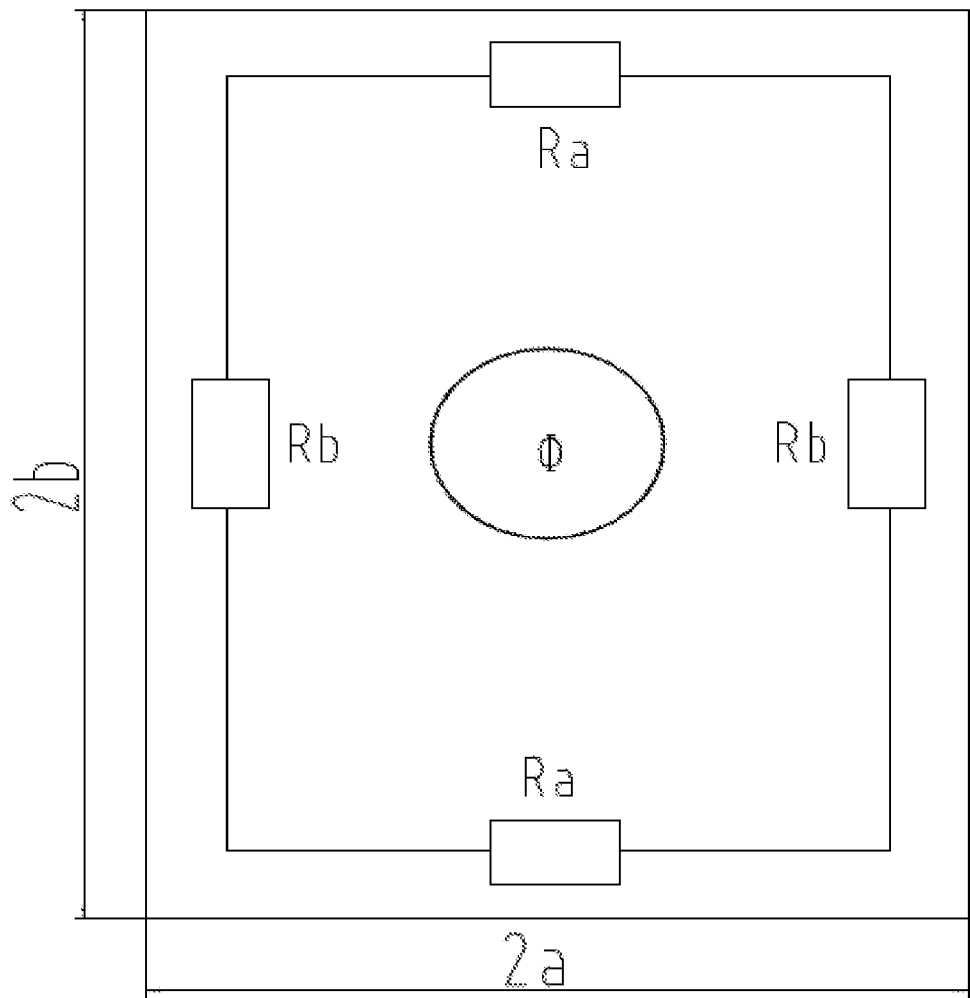


图 6

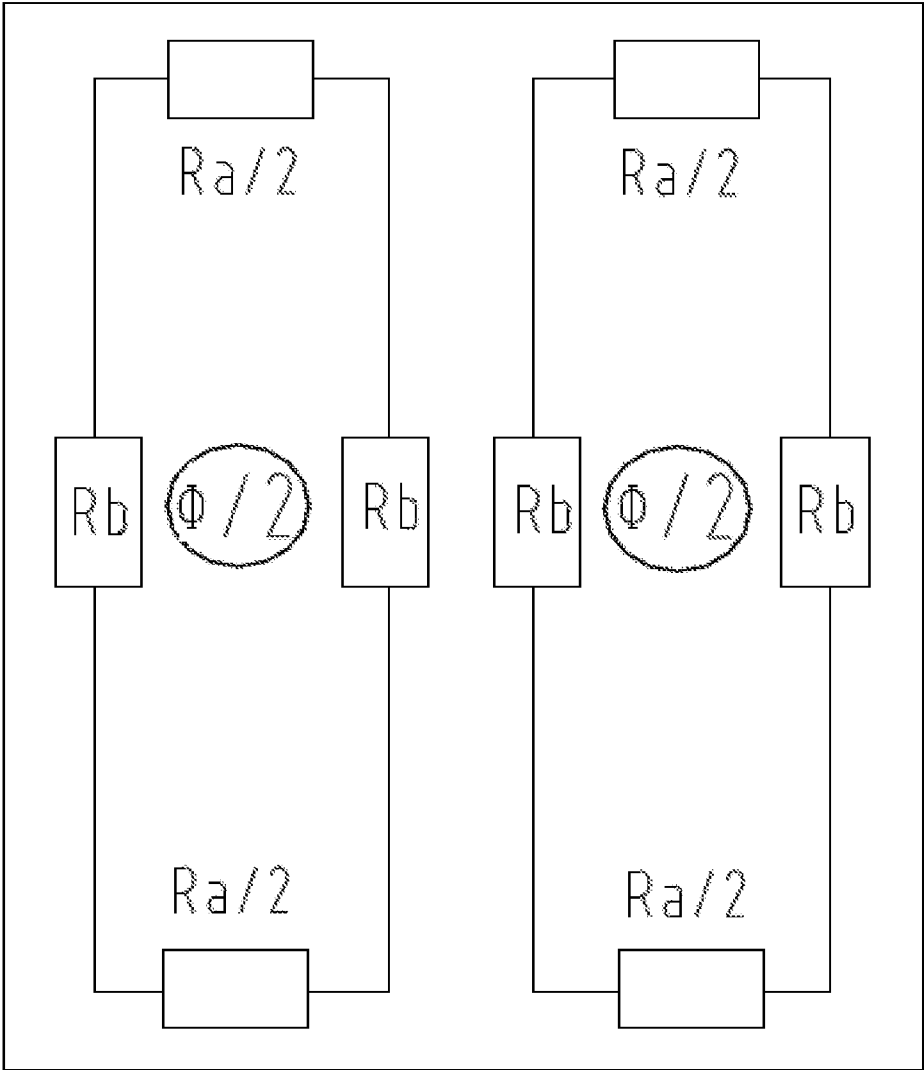


图 7

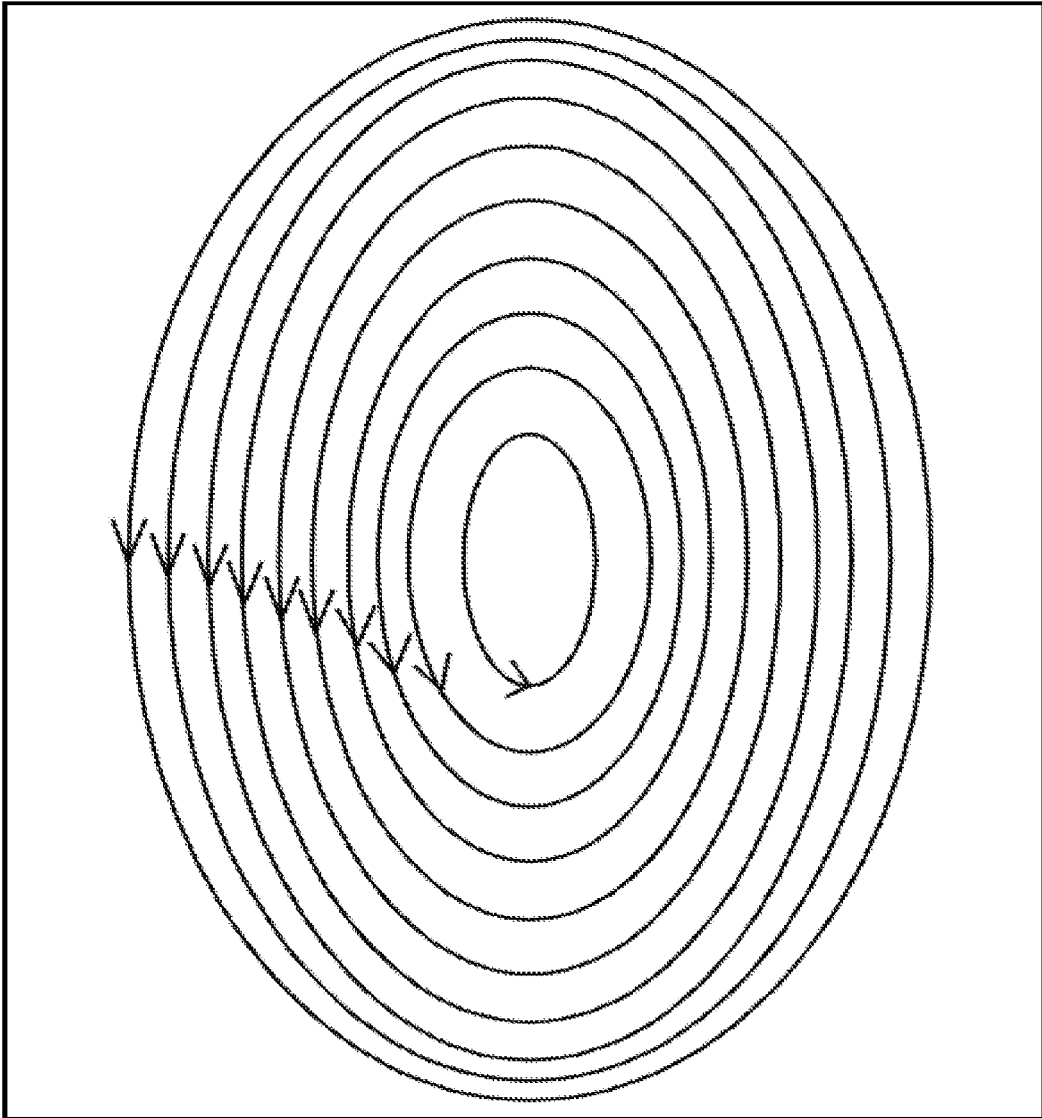


图 8

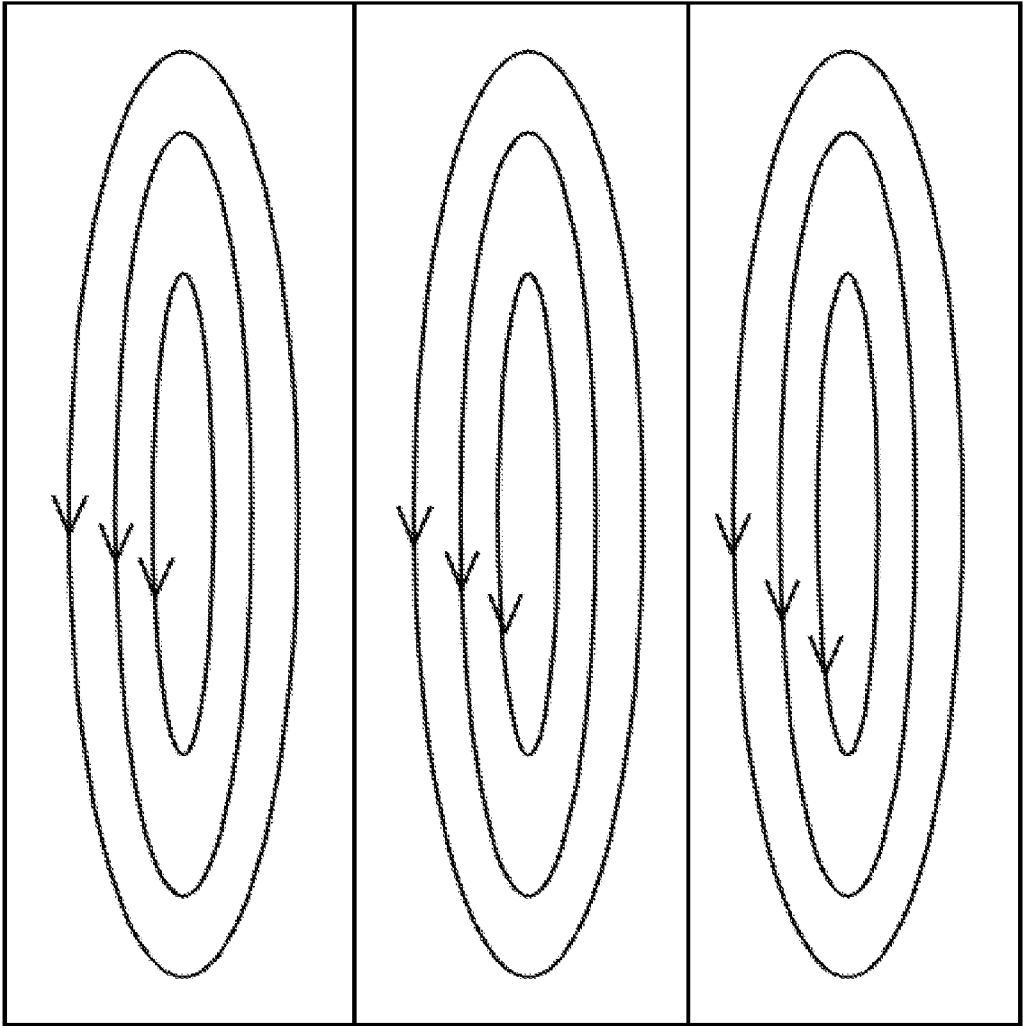


图 9

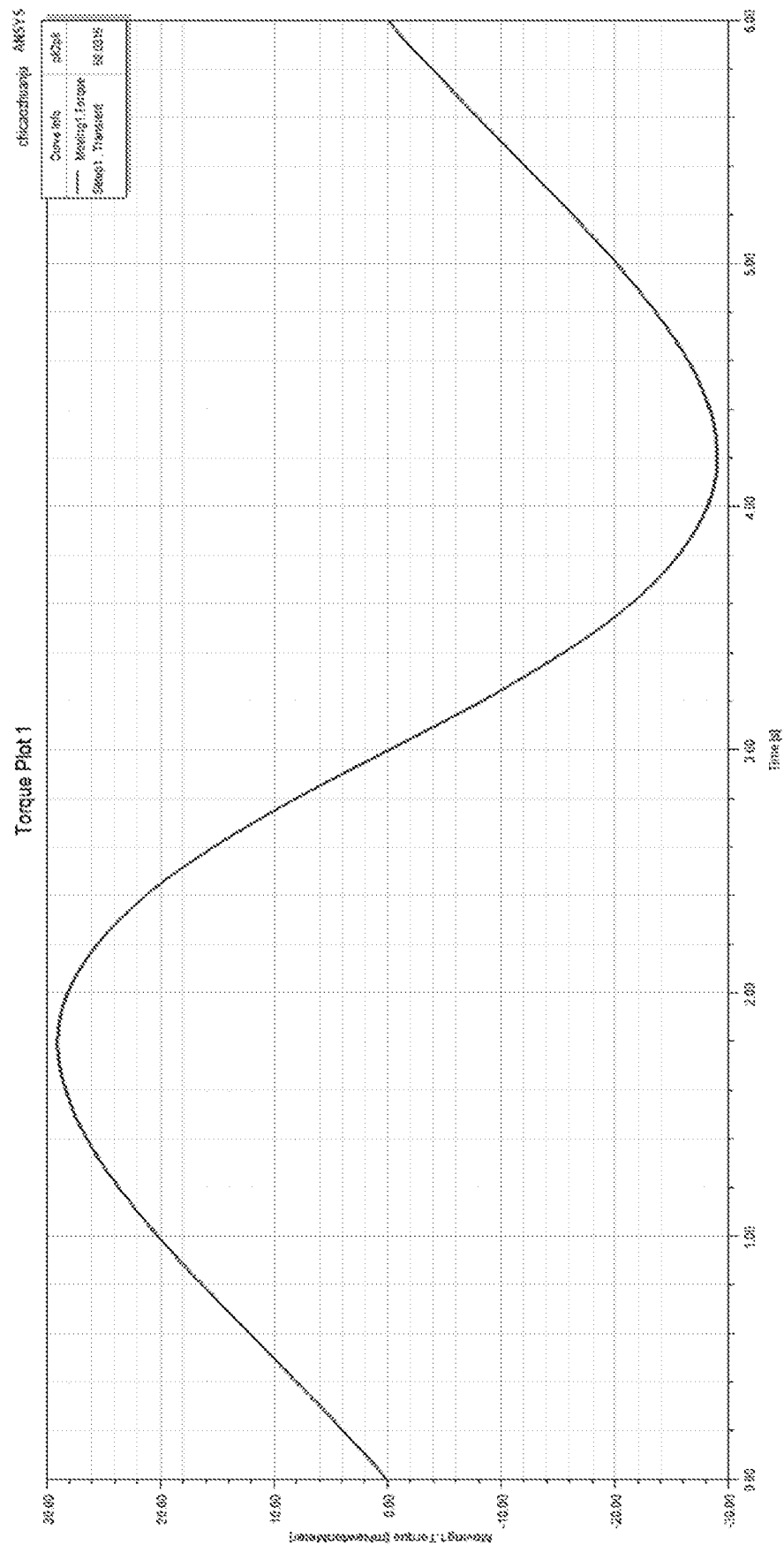


图 10

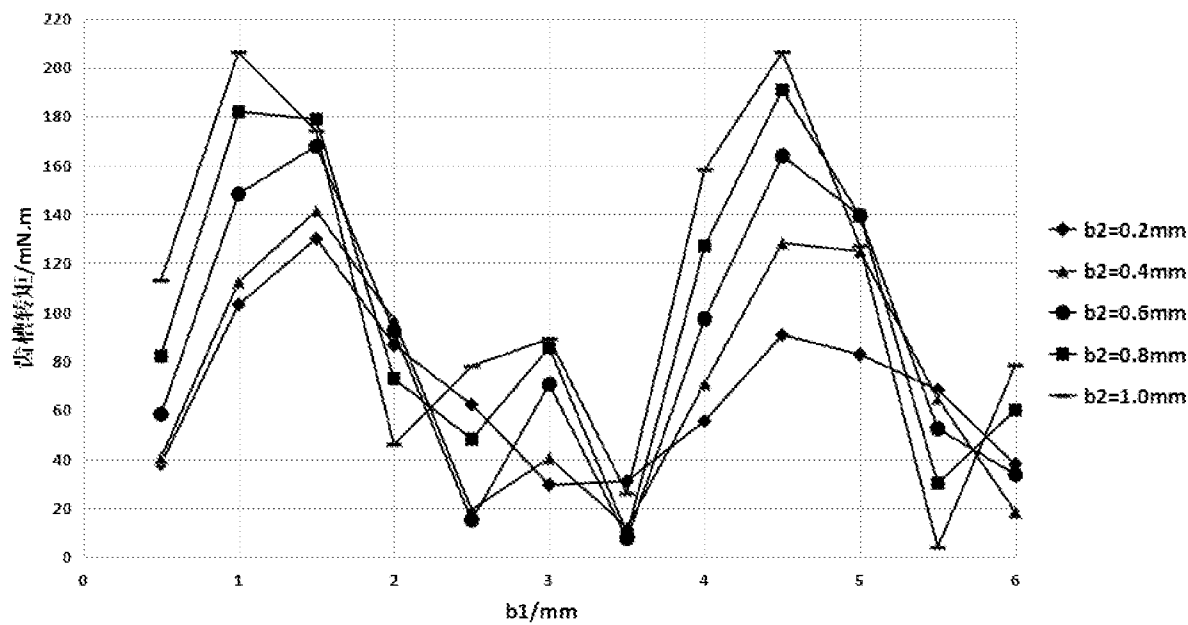


图 11

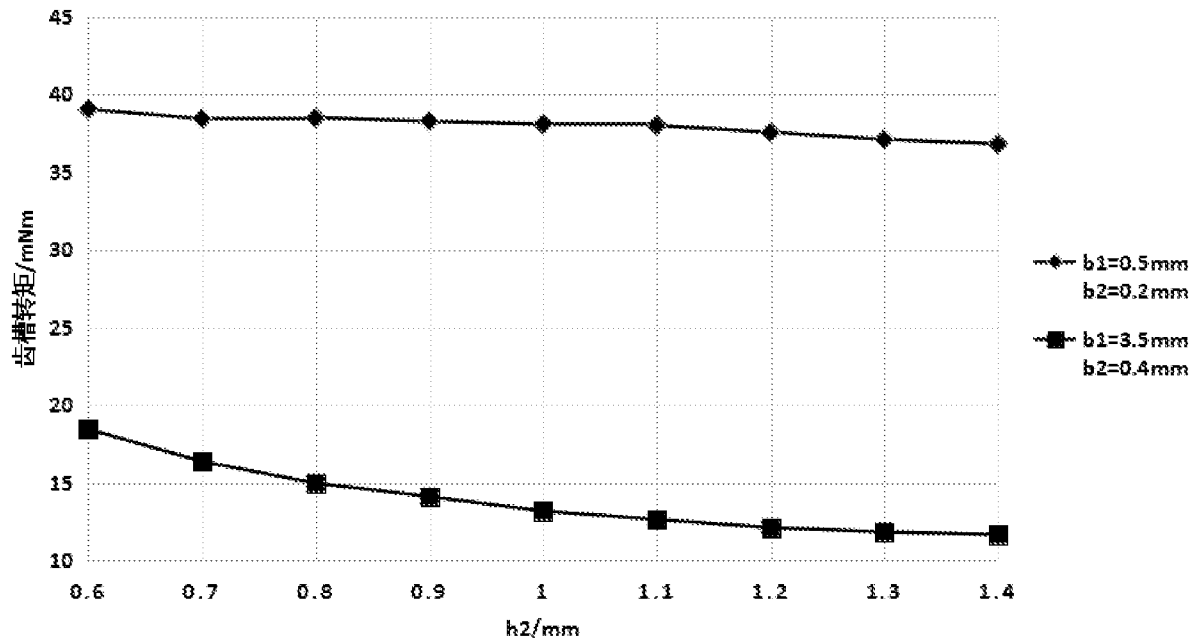


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/143012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/278(2022.01)i; H02K21/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 电机, 转子, 永磁体, 表贴, 凹, 槽, motor, rotor, permanent magnet?, suface-mounted, groove?, notch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116388427 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI et al.) 04 July 2023 (2023-07-04) claims 1-13, description, paragraphs 34-88, and figures 1-12	1-15
PX	CN 219802002 U (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI et al.) 03 October 2023 (2023-10-03) claims 1-13, description, paragraphs 34-88, and figures 1-12	1-15
X	JP 2018196263 A (DENSO CORP.) 06 December 2018 (2018-12-06) description, paragraphs 16-52, and figures 1-6	1-15
X	JP 2015146713 A (ASMO CO., LTD.) 13 August 2015 (2015-08-13) description, paragraphs 19-68, and figures 1-10	1-15
A	CN 212343457 U (NINGBO SHENGLONG AUTOMOTIVE POWERTRAIN SYSTEM CO., LTD.) 12 January 2021 (2021-01-12) entire document	1-15
A	JP 2004088855 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 March 2004 (2004-03-18) entire document	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 March 2024

Date of mailing of the international search report

22 March 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/143012

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005258698 A1 (SANYO DENKI CO., LTD.) 24 November 2005 (2005-11-24) entire document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/143012

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	116388427	A	04 July 2023	CN	219802002 U	03 October 2023
CN	219802002	U	03 October 2023	CN	116388427 A	04 July 2023
JP	2018196263	A	06 December 2018	JP	6950275 B2	13 October 2021
JP	2015146713	A	13 August 2015	JP	6481252 B2	13 March 2019
				JP	2015111993 A	18 June 2015
				JP	6390172 B2	19 September 2018
				US	2015115760 A1	30 April 2015
				US	9762097 B2	12 September 2017
				CN	104600888 A	06 May 2015
				CN	104600888 B	18 January 2019
				DE	102014115563 A1	30 April 2015
CN	212343457	U	12 January 2021	CN	212343457 U	12 January 2021
JP	2004088855	A	18 March 2004	JP	4004894 B2	07 November 2007
US	2005258698	A1	24 November 2005	EP	1598920 A2	23 November 2005
				EP	1598920 A3	04 August 2010
				EP	1598920 B1	27 July 2011
				JP	3722822 B1	30 November 2005
				JP	2005333703 A	02 December 2005
				US	7183684 B2	27 February 2007
				CN	1700562 A	23 November 2005
				CN	100546150 C	30 September 2009

A. 主题的分类

H02K1/278(2022.01)i; H02K21/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H02K

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS、VEN、CNTXT、WOTXT、EPTXT、USTXT、CNKI、IEEE: 电机, 转子, 永磁体, 表贴, 凹, 槽, motor, rotor, permanent magnet?, surface-mounted, groove?, notch

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116388427 A (珠海格力电器股份有限公司 等) 2023年7月4日 (2023 - 07 - 04) 权利要求1-13, 说明书第34-88段, 附图1-12	1-15
PX	CN 219802002 U (珠海格力电器股份有限公司 等) 2023年10月3日 (2023 - 10 - 03) 权利要求1-13, 说明书第34-88段, 附图1-12	1-15
X	JP 2018196263 A (DENSO CORP.) 2018年12月6日 (2018 - 12 - 06) 说明书第16-52段, 附图1-6	1-15
X	JP 2015146713 A (ASMO CO., LTD.) 2015年8月13日 (2015 - 08 - 13) 说明书第19-68段, 附图1-10	1-15
A	CN 212343457 U (宁波圣龙汽车动力系统股份有限公司) 2021年1月12日 (2021 - 01 - 12) 全文	1-15
A	JP 2004088855 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2004年3月18日 (2004 - 03 - 18) 全文	1-15
A	US 2005258698 A1 (SANYO DENKI CO., LTD.) 2005年11月24日 (2005 - 11 - 24) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“p” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年3月18日

国际检索报告邮寄日期

2024年3月22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

刘继业

电话号码 (+86) 010-53961480

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/143012

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)		
CN	116388427	A	2023年7月4日	CN	219802002	U	2023年10月3日
CN	219802002	U	2023年10月3日	CN	116388427	A	2023年7月4日
JP	2018196263	A	2018年12月6日	JP	6950275	B2	2021年10月13日
JP	2015146713	A	2015年8月13日	JP	6481252	B2	2019年3月13日
				JP	2015111993	A	2015年6月18日
				JP	6390172	B2	2018年9月19日
				US	2015115760	A1	2015年4月30日
				US	9762097	B2	2017年9月12日
				CN	104600888	A	2015年5月6日
				CN	104600888	B	2019年1月18日
				DE	102014115563	A1	2015年4月30日
CN	212343457	U	2021年1月12日	CN	212343457	U	2021年1月12日
JP	2004088855	A	2004年3月18日	JP	4004894	B2	2007年11月7日
US	2005258698	A1	2005年11月24日	EP	1598920	A2	2005年11月23日
				EP	1598920	A3	2010年8月4日
				EP	1598920	B1	2011年7月27日
				JP	3722822	B1	2005年11月30日
				JP	2005333703	A	2005年12月2日
				US	7183684	B2	2007年2月27日
				CN	1700562	A	2005年11月23日
				CN	100546150	C	2009年9月30日