

(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
2020 年 1 月 2 日 (02.01.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/001552 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 24/00 (2006.01) *G01D 5/20* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/093345
- (22) 国际申请日: 2019 年 6 月 27 日 (27.06.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810700480.0 2018年6月29日 (29.06.2018) CN
201821022202.6 2018年6月29日 (29.06.2018) CN
- (71) 申请人: 广东威灵汽车零部件有限公司(GUANGDONG WELLING AUTO PARTS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省佛山市顺德区
- 北滘镇北滘居委会工业园港前路 21 号 1 号楼, Guangdong 528311 (CN)。
- (72) 发明人: 葛笑(GE, Xiao); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇北滘居委会工业园港前路 21 号 1 号楼, Guangdong 528311 (CN)。 万佳(WAN, Jia); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇北滘居委会工业园港前路 21 号 1 号楼, Guangdong 528311 (CN)。
- (74) 代理人: 北京友联知识产权代理事务所(普通合伙)(YOULINK INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区学清路 8 号科技财富中心 A 座 506 室尚志峰, Beijing 100192 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: ROTARY TRANSFORMER

(54) 发明名称: 旋转式变压器

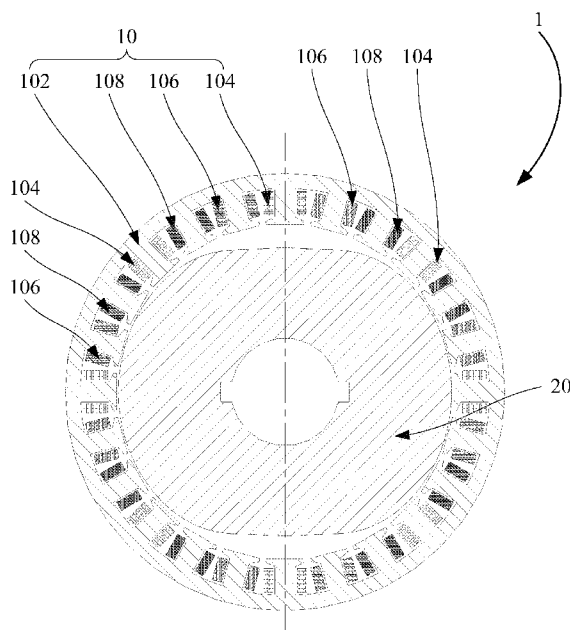


图 3

(57) Abstract: Provided by the present application is a rotary transformer, comprising: a stator, including a stator core and an input winding and an output winding wound around the stator core; a plurality of stator slots are formed on the inner side wall of the stator core, and the plurality of stator slots are distributed in a circumferential direction and respectively cause two ends of the stator core to be connected so that stator teeth are formed between any two adjacent stator slots to respectively wind the input winding and the output winding; a rotor, including a rotor core; an air gap is defined between the inner side wall of the stator core and the outer side wall of the



WO 2020/001552 A1

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))。

rotor core; when the rotor rotates, the length δ of the air gap, along the circumferential direction, and a mechanical rotation angle θ of the rotor satisfy a sinusoidal function relationship containing third-harmonic components, and periodic changes are performed according to the functional relationship to define the shape of the rotor core. According to the technical solution of the present application, the output signal amplitude and position measurement accuracy of the rotary transformer can be improved under the same maximum and minimum air gaps.

(57) 摘要: 本申请提出了一种旋转式变压器, 包括: 定子, 包括定子铁芯以及绕设在定子铁芯上的输入绕组与输出绕组, 定子铁芯的内侧壁上开设多个定子槽, 多个定子槽沿周向分布, 并分别使定子铁芯的两个端面导通, 使任意两个相邻的定子槽之间形成定子齿, 以分别绕设输入绕组与输出绕组; 转子, 包括转子铁芯; 其中, 定子铁芯的内侧壁与转子铁芯的外侧壁之间限定出空气间隙, 在转子旋转时, 空气间隙的长度 δ 沿周向与转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系, 并根据函数关系执行周期性改变, 以限定出转子铁芯的外形。通过本申请的技术方案, 在相同最大和最小气隙的情况下, 能够提高旋转式变压器的输出信号幅值和位置测量精度。

旋转式变压器

5 本申请要求于 2018 年 06 月 29 日提交中国专利局、申请号为 201810700480.0、发明名称为“旋转式变压器”的中国专利申请的优先权，以及申请号为 201821022202.6、实用新型名称为“旋转变压器”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

10 技术领域

本申请涉及变压器领域，具体而言，涉及一种旋转式变压器。

背景技术

15 旋转式变压器是一种电磁式传感器，又称同步分解器，用于测量旋转物体的转轴角位移和角速度，由定子和转子组成，其中，定子绕组作为变压器的圆边，接受励磁电压，转子绕组作为变压器的副边，通过电磁耦合得到感应电压，而由于选择变压器的原边、副边绕组随转子的角位移发生相对位置的变化，因而其输出电压的大小随转子的角位移而发生变化，输出绕组的电压幅值与转子转角呈正弦、余弦函数关系。

20 凸极式旋转变压器由于制作简单、稳定性高、耐温性好而广泛应用于安全性能要求高的场合，如汽车电机。相关技术中，如图 1 所示，凸极式旋转变压器的凸极转子通常采用正弦分布的转子外形，但存在以下缺陷：

转子误差大、位置精度不高。

25 申请内容

为了解决上述技术问题至少之一，本申请的一个目的在于提供一种旋转式变压器。

为了实现上述目的，本申请实施例提出了一种旋转式变压器，包括：定子，包括定子铁芯以及绕设在定子铁芯上的输入绕组与输出绕组，定子铁芯的内侧

壁上开设多个定子槽，多个定子槽沿周向分布，并分别使定子铁芯的两个端面导通，使任意两个相邻的定子槽之间形成定子齿，以分别绕设输入绕组与输出绕组；转子，包括转子铁芯，转子铁芯套设在定子铁芯内；其中，定子铁芯的内侧壁与转子铁芯的外侧壁之间限定出空气间隙，在转子旋转时，空气间隙的
5 长度 δ 沿周向与转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，并根据函数关系执行周期性改变，以限定出转子铁芯的外形。

在该技术方案中，旋转式变压器为磁阻式旋转变压器，将输入绕组与输出绕组（包括正弦绕组与余弦绕组）根据指定的绕线方式绕设在定子铁芯的定子齿上，以通过输入绕组实现定子激励，通过输出绕组输出变化的电势信号，通
10 过将空气间隙的长度 δ （即气隙长度）设置为沿周向与转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，以实现向旋转式变压器的空气间隙注入三次谐波，以削弱输出端输出电势的三次谐波，从而能够降低磁阻式旋转变压器的测量误差，以提高旋转式变压器的位置测量精度。

由于旋转式变压器在结构上保证了在转子旋转一周时，空气间隙内的磁通
15 分布符合正弦规律，通过将转子形状做特殊设计，使得气隙磁场近似于正弦形，同时通过改进转子形状，实现注入三次正弦分量，相对于现有技术中的正弦形，通过注入三次正弦分量，能够减小最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值，在实现降低测量过程中的三次谐波干扰的同时，仍能够相同的输出电势。

根据上述描述，本领域的技术人员还能够理解的是，采用本申请中的转子
20 结构，在最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值减小的情况下，在定子齿数量不变，且绕组匝数不变的前提下，输出的电势与采用现有技术中的转子结构输出的电势相同，从而在采用本申请中的转子结构的同时，不减小最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值，在提高转子位置检测精度的同时，还可以达到提高输出电势的目的，从而能够提升旋转式变压器的运行效率。

25 另外，为了生成较大的输出信号，现有技术中的变压器转子通过增加最大气隙和最小气隙之间差值来实现，从而导致转子外形尺寸变化率大，对于转子机械加工精度要求较高，根据本申请的技术方案的转子，通过注入三次谐波，还能够降低转子加工难度。

另外，本申请提供的上述技术方案中的旋转式变压器还可以具有如下附加

技术特征：

在上述技术方案中，可选地，输入绕组包括励磁绕组；输出绕组包括正弦绕组与余弦绕组，其中，在任意相邻的两个励磁绕组之间间隔设置两个定子齿，以分别绕设正弦绕组与余弦绕组。

5 在该技术方案中，通过在任意相邻的两个励磁绕组之间间隔设置两个定子齿，以分别绕设正弦绕组与余弦绕组，以使励磁绕组、正弦绕组与余弦绕组沿周向间隔分布，结合由励磁绕组实现定子激励，并由正弦绕组与余弦绕组输出与转子的机械转角 θ 形成特殊函数关系的变化信号，在向空气间隙注入三次谐波时，实现了提高旋转式变压器的位置测量精度。

10 具体地，定子齿包括用于绕设励磁绕组的第一定子齿，绕设正弦绕组的第二定子齿以及绕设余弦绕组的第三定子齿，其中，任意相邻的两个第一定子齿之间具有一个第二定子齿与一个第三定子齿。

在上述任一技术方案中，可选地，任意相邻的两个励磁绕组中的一个两侧绕设正弦绕组，另一个两侧绕设余弦绕组。

15 在该技术方案中，根据绕设不同的绕组，可以将周向分布的多个定子齿划分为第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿，第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿的数量相同，以分别绕设用于信号输入的励磁绕组，以及用于信号输出的正弦绕组与余弦绕组，其中，相邻的第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿为一组绕设齿，则周向分布的多个定子齿由多组绕设齿组成，以实现磁阻式旋
20 转式变压器的规则绕设，结合三次正弦分量的注入，以达到提升测量精度的目的。

具体地，输入绕组与输出绕组可以分为多个绕组单元，多个绕组单元沿周向首尾相连完成绕设，在一个绕组单元中，沿逆时针方向依次包括励磁绕组、正弦绕组、余弦绕组、励磁绕组、余弦绕组以及正弦绕组，或沿逆时针方向依
25 次包括励磁绕组、余弦绕组、正弦绕组、励磁绕组、正弦绕组以及余弦绕组。

在上述任一技术方案中，可选地，空气间隙的长度 δ 同时满足机械转角 θ 的一次正弦分量分布与三次正弦分量分布，即 $\delta=f(\cos(p\theta), \cos(3p\theta))$ ，其中， p 为旋转式变压器的转子极对数。

在该技术方案中，通过限定空气间隙的长度 δ 同时满足机械转角 θ 的一次

正弦分量分布与三次正弦分量分布, 即 $\delta=f(\cos(p\theta), \cos(3p\theta))$, 在实现旋转式变压器的正弦绕组的输出电势与余弦绕组的输出电势的一次基波幅值相等的同时, 通过注入空气间隙的长度的三次正弦分量, 提升转子位置的检测精度。

在上述任一技术方案中, 可选地, 每个第一定子齿上的励磁绕组的线圈匝数相同; 正弦绕组的线圈匝数与余弦绕组的线圈匝数相同。

在该技术方案中, 通过限定每个第一定子齿上励磁绕组的线圈匝数相同, 以均匀产生定子激励, 从而实现转子的均匀旋转, 通过限定正弦绕组的线圈匝数与余弦绕组的线圈匝数相同, 使正弦绕组的输出电势与余弦绕组的输出电势只存在相位上的差别, 从而保证了转轴角位移和角速度的准确测量。

在上述任一技术方案中, 可选地, 空气间隙的长度 δ 与转子的机械角度 θ 还满足以下公式:
$$\delta = \frac{K\delta_{\min}}{1+(K-1)\cos(p\theta)-k\cos(3p\theta)}$$
, 其中, $\delta_{\min}$ 为空气间隙的最小长度, K 为一次正弦分量系数, k 为三次正弦分量系数, $1<K<2$, $0<k<(K-1)$ 。

在该技术方案中, 通过限定具体的关系公式, 以实现空气间隙的长度随机机械角度的变化而变化, 结合对一次正弦分量系数 K 、三次正弦分量系数 k 的调整, 得到注入三次正弦分量的转子外形轮廓, 以达到提升旋转角度测量精度的目的。

在上述任一技术方案中, 可选地, $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, $K=1.9$, $k=0.09$, $p=2$ 。

在该技术方案中, 作为一种较优的实施方式, 通过限定 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, $K=1.9$, $k=0.09$, $p=2$, 以得到空气间隙的长度 δ 与转子的机械角度 θ 之间明确的函数关系, 从而方便实施。

作为一种具体的实施方式, $P=2$, 定子齿数为 24, 即 4 极 24 槽的凸极式旋转式变压器, 其中, 相邻三个齿上分别依次设置励磁绕组、正弦绕组、余弦绕组, 沿圆周将这三个齿的线圈排布阵列 8 个, 即设置 8 个励磁线圈, 每个线圈匝数 25 匝, 线径 $\phi 1$ 为 0.1mm, 正弦绕组和余弦绕组的每个线圈匝数 55 匝, 线径 $\phi 2$ 为 0.13mm, 旋转式变压器的冲片选用 DW310-35 的硅钢片, 根据现有技术的设计方案, 最大空气间隙的长度 $\delta_{\max}=13.68\text{mm}$, 空气间隙的最小长度 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, 旋转式变压器解码后的转子电角度误差为 $e1=\pm 1.05^\circ$ 。

根据本申请的转子轮廓, 旋转式变压器的最大空气间隙的长度

$\delta_{\max}=7.2\text{mm}$ ，空气间隙的最小长度 $\delta_{\min}=0.76\text{mm}$ ，旋转式变压器解码后的转子电角度误差 $e_1=\pm 0.04^\circ$ ，即注入三次正弦分量的转子外形的凸极式旋转式变压器解码后的转子电角度误差是现有技术中的正弦波转子外形的凸极式旋转式变压器解码后的转子电角度误差的 3.81%，从而实现了减小转子误差。

5

表 1

$\theta(^{\circ})$	$\delta_1(\text{mm})$ 现有技术	$\delta_2(\text{mm})$ 本申请的技术方案
0	0.720	0.756
15	0.769	0.769
30	0.943	0.888
45	1.368	1.368
60	2.487	2.974
75	6.202	6.202
90	13.680	7.200
105	6.202	6.202
120	2.487	2.974
135	1.368	1.368
150	0.943	0.888
165	0.769	0.769
180	0.720	0.756
195	0.769	0.769
210	0.943	0.888
225	1.368	1.368
240	2.487	2.974
255	6.202	6.202
270	13.680	7.200
285	6.202	6.202
300	2.487	2.974
315	1.368	1.368
330	0.943	0.888
345	0.769	0.769
360	0.720	0.756

由表 1 可知，在定子尺寸与现有技术相同的情况下，最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值减小，旋转式变压器的正弦绕组的输出电势与余弦绕组的输出电势的一次基波幅值相等，但是转子位置的检测精度提升。

10

另外，通过调节定子铁芯的内径，可以使最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值与现有技术相同，无须增加输出绕组的匝数，即可实现输出电势幅值的提高，同时提升转子位置的检测精度。

在上述任一技术方案中，可选地，转子铁芯根据转子极对数构造为凸极式结构，以使空气间隙的长度 δ 沿周向随机械转角 θ 变化。

在上述任一技术方案中，可选地，转子铁芯的轴孔的内侧壁上开设有限位槽；转轴的外侧壁上设置有与限位槽配合的限位筋。

5 在上述任一技术方案中，可选地，定子齿的数量为12的整数倍。

在上述任一技术方案中，可选地，定子铁芯由多个硅钢片沿转轴的轴向叠加构造形成；转子铁芯由多个硅钢片沿转轴的轴向叠加构造形成。其中，转子铁芯的两端端面沿轴向分别凸出于定子铁芯的两端端面设置。

本申请技术方案中提供的一个或多个技术方案，至少具有如下技术效果或
10 优点：

通过将空气间隙的长度 δ 设置为沿周向与转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，以实现向旋转式变压器的空气间隙注入三次谐波，以削弱输出端输出电势的三次谐波，从而能够降低磁阻式旋转变压器的测量误差，以提高旋转式变压器的位置测量精度。

15 本申请的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显，或通过本申请的实践了解到。

附图说明

本申请的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中
20 将变得明显和容易理解，其中：

图1示出了相关技术中的旋转式变压器的转子的截面结构示意图；

图2示出了根据本申请的一个实施例的旋转式变压器的转子的截面结构示意图；

图3示出了根据本申请的一个实施例的旋转式变压器的结构示意图。

25 其中，图2与图3中附图标记与部件名称之间的对应关系为：

1 旋转式变压器，10 定子，102 定子铁芯，104 励磁绕组，106 正弦绕组，108 余弦绕组，20 转子。

具体实施方式

为了能够更清楚地理解本申请的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本申请进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本申请，但是，本申请还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施，因此，本申请的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

下面参照图 2 与图 3 描述根据本申请一些实施例的旋转式变压器。

如图 2 与图 3 所示，根据本申请的实施例的旋转式变压器 1，包括：定子 10，包括定子铁芯 102 以及绕设在定子铁芯 102 上的输入绕组与输出绕组，定子铁芯 102 的内侧壁上开设多个定子槽，多个定子槽沿周向分布，并分别使定子铁芯 102 的两个端面导通，使任意两个相邻的定子槽之间形成定子齿，以分别绕设定子 10 槽；转子 20，包括转子铁芯，转子铁芯套设在定子铁芯内；其中，定子铁芯 102 的内侧壁与转子铁芯的外侧壁之间限定出空气间隙，在转子 20 旋转时，空气间隙的长度 δ （即气隙长度）沿周向与转子 20 的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，并根据函数关系执行周期性改变，以限定出转子铁芯的外形。

在该实施例中，旋转式变压器 1 为磁阻式旋转变压器，将输入绕组（励磁绕组 104）与输出绕组（包括正弦绕组 106 与余弦绕组 108）根据指定的绕线方式绕设在定子铁芯 102 的定子齿上，通过励磁绕组 104 实现定子 10 激励，以由正弦绕组 106 与余弦绕组 108 输出与转子 20 的机械转角 θ 形成特殊函数关系的变化信号，通过将空气间隙的长度 δ 设置为沿周向与转子 20 的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，以实现向旋转式变压器的空气间隙注入三次谐波，以削弱输出端输出电势的三次谐波，从而能够降低磁阻式旋转变压器的测量误差，以提高旋转式变压器的位置测量精度。

由于旋转式变压器在结构上保证了在转子 20 旋转一周时，空气间隙内的磁通分布符合正弦规律，通过将转子 20 形状做特殊设计，使得气隙磁场近似于正弦形，同时通过改进转子 20 形状，实现注入三次正弦分量，相对于现有技术中的正弦形，通过注入三次正弦分量，能够减小最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值，在实现降低测量过程中的三次谐波干扰的同时，仍能够相同

的输出电势。

根据上述描述，本领域的技术人员还能够理解的是，如图 2 所示，采用本申请中的转子结构，在最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值减小的情况下，在定子齿数量不变，且绕组匝数不变的前提下，输出的电势与图 1 示出的
5 采用现有技术中的转子结构输出的电势相同，从而在采用本申请中的转子结构的同时，不减小最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值，在提高转子 20 位置检测精度的同时，还可以达到提高输出电势的目的，从而能够提升旋转式变压器的运行效率。

另外，为了生成较大的输出信号，现有技术中的变压器转子 20 通过增加
10 最大气隙和最小气隙之间差值来实现，从而导致转子 20 外形尺寸变化率大，对于转子 20 机械加工精度要求较高，根据本申请的技术方案的转子 20，通过注入三次谐波，还能够降低转子 20 加工难度。

在上述实施例中，可选地，输入绕组包括励磁绕组 104；输出绕组包括正弦绕组 106 与余弦绕组 108，其中，在任意相邻的两个励磁绕组 104 之间间隔
15 设置两个定子齿，以分别绕设正弦绕组 106 与余弦绕组 108。

在该实施例中，通过在任意相邻的两个励磁绕组 104 之间间隔设置两个定子齿，以分别绕设正弦绕组 106 与余弦绕组 108，以使励磁绕组 104、正弦绕组 106 与余弦绕组 108 沿周向间隔分布，结合由励磁绕组 104 实现定子激励，并由正弦绕组 106 与余弦绕组 108 输出与转子的机械转角 θ 形成特殊函数关系
20 的变化信号，在向空气间隙注入三次谐波时，实现了提高旋转式变压器 1 的位置测量精度。

具体地，定子齿包括用于绕设励磁绕组 104 的第一定子齿，绕设正弦绕组 106 的第二定子齿以及绕设余弦绕组 108 的第三定子齿，其中，任意相邻的两个第一定子齿之间具有一个第二定子齿与一个第三定子齿。

25 在上述任一实施例中，可选地，任意相邻的两个励磁绕组 104 中的一个两侧绕设正弦绕组 106，另一个两侧绕设余弦绕组 108。

在该实施例中，根据绕设不同的绕组，可以将周向分布的多个定子齿划分为第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿，第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿的数量相同，以分别绕设用于信号输入的励磁绕组 104，以及用于信号输

出的正弦绕组 106 与余弦绕组 108, 其中, 相邻的第一定子齿、第二定子齿与第三定子齿为一组绕设齿, 则周向分布的多个定子齿由多组绕设齿组成, 以实现磁阻式旋转式变压器的规则绕设, 结合三次正弦分量的注入, 以达到提升测量精度的目的。

5 如图 3 所示, 具体地, 输入绕组与输出绕组可以分为多个绕组单元, 多个绕组单元沿周向首尾相连完成绕设, 在一个绕组单元中, 沿逆时针方向依次包括励磁绕组 104、正弦绕组 106、余弦绕组 108、励磁绕组 104、余弦绕组 108 以及正弦绕组 106, 或沿逆时针方向依次包括励磁绕组 104、余弦绕组 108、正弦绕组 106、励磁绕组 104、正弦绕组 106 以及余弦绕组 108。

10 在上述任一实施例中, 可选地, 空气间隙的长度 δ 同时满足机械转角 θ 的一次正弦分量分布与三次正弦分量分布, 即 $\delta=f(\cos(p\theta), \cos(3p\theta))$, 其中, p 为旋转式变压器 1 的转子 20 极对数, θ 为转子 20 的机械转角。

在该实施例中, 通过限定空气间隙的长度 δ 同时满足机械转角 θ 的一次正弦分量分布与三次正弦分量分布, 即 $\delta=f(\cos(p\theta), \cos(3p\theta))$, 在实现旋转式变
15 压器 1 的正弦绕组 106 的输出电势与余弦绕组 108 的输出电势的一次基波幅值相等的同时, 通过注入空气间隙的长度的三次正弦分量, 提升转子 20 位置的检测精度。

在上述任一实施例中, 可选地, 每个第一定子齿上的励磁绕组 104 的线圈匝数相同; 正弦绕组 106 的线圈匝数与余弦绕组 108 的线圈匝数相同。

20 在该实施例中, 通过限定每个第一定子齿上励磁绕组 104 的线圈匝数相同, 以均匀产生定子 10 激励, 从而实现转子 20 的均匀旋转, 通过限定正弦绕组 106 的线圈匝数与余弦绕组 108 的线圈匝数相同, 使正弦绕组 106 的输出电势与余弦绕组 108 的输出电势只存在相位上的差别, 从而保证了转轴角位移和角速度的准确测量。

25 在上述任一实施例中, 可选地, 空气间隙的长度 δ 与转子 20 的机械角度 θ 还满足以下公式:
$$\delta = \frac{K\delta_{\min}}{1+(K-1)\cos(p\theta)-k\cos(3p\theta)}$$
, 其中, $\delta_{\min}$ 为空气间隙的最小长度, K 为一次正弦分量系数, k 为三次正弦分量系数, $1 < K < 2$, $0 < k < (K-1)$ 。

在该实施例中, 通过限定具体的关系公式, 以实现空气间隙的长度随机械

角度的变化而变化,结合对一次正弦分量系数 K 、三次正弦分量系数 k 的调整,得到注入三次正弦分量的转子 20 外形轮廓,以达到提升旋转角度测量精度的目的。

在上述任一实施例中,可选地, $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, $K=1.9$, $k=0.09$, $p=2$ 。

- 5 在该实施例中,作为一种较优的实施方式,通过限定 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, $K=1.9$, $k=0.09$, $p=2$, 以得到空气间隙的长度 δ 与转子 20 的机械角度 θ 之间明确的函数关系,从而方便实施。

- 作为一种具体的实施方式, $P=2$, 定子齿数为 24, 即 4 极 24 槽的凸极式旋转式变压器,其中,相邻三个齿上分别依次设置励磁绕组 104、正弦绕组 106、
10 余弦绕组 108,沿圆周将这三个齿的线圈排布阵列 8 个,即设置 8 个励磁线圈,每个线圈匝数 25 匝,线径 $\phi 1$ 为 0.1mm,正弦绕组 106 和余弦绕组 108 的每个线圈匝数 55 匝,线径 $\phi 2$ 为 0.13mm,旋转式变压器的冲片选用 DW310-35 的硅钢片。

- 如图 1 所示,根据现有技术的设置方案,转子铁芯最大轮廓尺寸为
15 98.56mm,最小轮廓齿为 72.64mm,最大空气间隙的长度 $\delta_{\max}=13.68\text{mm}$,空气间隙的最小长度 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$,旋转式变压器解码后的转子 20 电角度误差为 $e1=\pm 1.05^\circ$ 。

- 根据本申请的转子轮廓,转子铁芯最大轮廓尺寸为 98.48mm,最小轮廓齿
20 轮为 85.6mm,旋转式变压器的最大空气间隙的长度 $\delta_{\max}=7.2\text{mm}$,空气间隙的最小长度 $\delta_{\min}=0.76\text{mm}$,旋转式变压器解码后的转子 20 电角度误差 $e1=\pm 0.04^\circ$,即注入三次正弦分量的转子 20 外形的凸极式旋转变压器解码后的转子 20 电角度误差是现有技术中的正弦波转子 20 外形的凸极式旋转变压器解码后的转子 20 电角度误差的 3.81%,从而实现了减小转子 20 误差。

- 如图 1 所示,现有技术中的空气间隙的长度沿圆周正弦分布的凸极式旋转
25 变压器的转子外形,其中定子内径 $\phi 1=0.01\text{mm}$,最小气隙长度 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$,气隙长度沿周向的公式如下:

$$\delta_1 = \frac{K\delta_{\min}}{1+(K-1)\cos(p\theta)}$$

其中, $1 < K < 2$, 该实施例中, $K=1.9$ 。

p——凸极转子的极对数，在该实施例中，p=2，即转子包括 2 对磁极。

θ ——空气间隙的长度沿圆周旋转的机械角度。

图 2 示出了注入三次正弦分量的凸极式旋转变压器的转子外形，空气间隙的长度沿周向的公式如下：

5 其中，
$$\delta_2 = \frac{K\delta_{\min}}{1 + (K-1)\cos(p\theta) - k\cos(3p\theta)} \quad 0 < k < (K-1), k \text{ 为大于 } 0 \text{ 的正数, 该实施例中, } k=0.09.$$

表 1

$\theta(^{\circ})$	$\delta 1(\text{mm})$ 现有技术	$\delta 2(\text{mm})$ 本申请的实施例
0	0.720	0.756
15	0.769	0.769
30	0.943	0.888
45	1.368	1.368
60	2.487	2.974
75	6.202	6.202
90	13.680	7.200
105	6.202	6.202
120	2.487	2.974
135	1.368	1.368
150	0.943	0.888
165	0.769	0.769
180	0.720	0.756
195	0.769	0.769
210	0.943	0.888
225	1.368	1.368
240	2.487	2.974
255	6.202	6.202
270	13.680	7.200
285	6.202	6.202
300	2.487	2.974
315	1.368	1.368
330	0.943	0.888
345	0.769	0.769
360	0.720	0.756

10

由表 1 可知，在定子 10 尺寸与现有技术相同的情况下，最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值减小，旋转式变压器 1 的正弦绕组 106 的输出电势与

余弦绕组 108 的输出电势的一次基波幅值相等，但是转子 20 位置的检测精度提升。

另外，通过调节定子铁芯 102 的内径，可以使最大气隙长度与最小气隙长度之间的差值与现有技术相同，无须增加输出绕组的匝数，即可实现输出电势幅值的提高，同时提升转子 20 位置的检测精度。

在上述任一实施例中，可选地，转子铁芯根据转子 20 极对数构造为凸极式结构，以使空气间隙的长度 δ 沿周向随机械转角 θ 变化。

在上述任一实施例中，可选地，转子铁芯的轴孔的内侧壁上开设有限位槽；转轴的外侧壁上设置有与限位槽配合的限位筋。

10 在上述任一实施例中，可选地，定子齿的数量为 12 的整数倍。

在上述任一实施例中，可选地，定子铁芯 102 由多个硅钢片沿转轴的轴向叠加构造形成；转子铁芯由多个硅钢片沿转轴的轴向叠加构造形成。其中，转子铁芯的两端端面沿轴向分别凸出于定子铁芯 102 的两端端面设置。

根据本申请的技术方案，旋转式变压器为磁阻式旋转变压器，将励磁绕组与输出绕组（包括正弦绕组与余弦绕组）根据指定的绕线方式绕设在定子铁芯的定子齿上，通过励磁绕组实现定子激励，以由正弦绕组与余弦绕组输出与转子的机械转角 θ 形成特殊函数关系的变化信号，通过将空气间隙的长度 δ 设置为沿周向与转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，以实现向旋转式变压器的空气间隙注入三次谐波，以削弱输出端输出电势的三次谐波，从而能够降低磁阻式旋转变压器的测量误差，以提高旋转式变压器的位置测量精度。

在本申请中，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述的目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性；术语“多个”则指两个或两个以上，除非另有明确的限定。术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语均应做广义理解，例如，25 “连接”可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；“相连”可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

本申请的描述中，需要理解的是，术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描

述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或单元必须具有特定的方向、以特定的方位构造和操作,因此,不能理解为对本申请的限制。

在本说明书的描述中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或实例。而且,描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

以上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。

权利要求书

1. 一种旋转式变压器，其中，包括：

定子，包括定子铁芯以及绕设在所述定子铁芯上的输入绕组与输出绕组，

5 所述定子铁芯的内侧壁上开设多个定子槽，所述多个定子槽沿周向分布，并分别使所述定子铁芯的两个端面导通，以使任意两个相邻的所述定子槽之间形成定子齿，以分别绕设所述输入绕组与所述输出绕组；

转子，包括转子铁芯，所述转子铁芯套设在所述定子铁芯内；

其中，所述定子铁芯的内侧壁与所述转子铁芯的外侧壁之间限定出空气间隙，
10 在所述转子旋转时，所述空气间隙的长度 δ 沿周向与所述转子的机械转角 θ 满足包含三次谐波分量的正弦函数关系，并根据所述函数关系执行周期性改变，以限定出所述转子铁芯的外形。

2. 根据权利要求1所述的旋转式变压器，其中，

所述输入绕组包括励磁绕组；

15 所述输出绕组包括正弦绕组与余弦绕组，

其中，在任意相邻的两个所述励磁绕组之间间隔设置两个所述定子齿，以分别绕设所述正弦绕组与所述余弦绕组。

3. 根据权利要求2所述的旋转式变压器，其中，

任意相邻的两个所述励磁绕组中的一个两侧绕设所述正弦绕组，另一个两
20 侧绕设所述余弦绕组。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的旋转式变压器，其中，

所述空气间隙的长度 δ 同时满足所述转子的机械转角 θ 的一次正弦分量分布与三次正弦分量分布，即 $\delta=f(\cos(p\theta), \cos(3p\theta))$ ，

其中， p 为所述旋转式变压器的转子极对数。

25 5. 根据权利要求1至3中任一项所述的旋转式变压器，其中，

每个所述定子齿上的所述励磁绕组的线圈匝数相同；

所述正弦绕组的线圈匝数与所述余弦绕组的线圈匝数相同。

6. 根据权利要求4所述的旋转式变压器，其中，所述空气间隙的长度 δ 与
所述转子的机械角度 θ 还满足以下公式：

$$\delta = \frac{K\delta_{\min}}{1+(K-1)\cos(p\theta) - k\cos(3p\theta)},$$

其中, $\delta_{\min}$ 为所述空气间隙的最小长度, K 为一次正弦分量系数, k 为三次正弦分量系数, $1 < K < 2$, $0 < k < (K-1)$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的旋转式变压器, 其中,
5 $\delta_{\min}=0.72\text{mm}$, $K=1.9$, $k=0.09$, $p=2$ 。
8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的旋转式变压器, 其中,
所述转子铁芯的轴孔的内侧壁上开设有限位槽。
9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的旋转式变压器, 其中,
所述定子齿的数量为 12 的整数倍。
- 10 10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的旋转式变压器, 其中,
所述定子铁芯由多个硅钢片沿所述转子铁芯的转轴的轴向叠加构造形成;
所述转子铁芯由多个硅钢片沿所述转子铁芯的转轴的轴向叠加构造形成,
其中, 所述转子铁芯的两端端面沿轴向分别凸出于所述定子铁芯的两端端面设置。

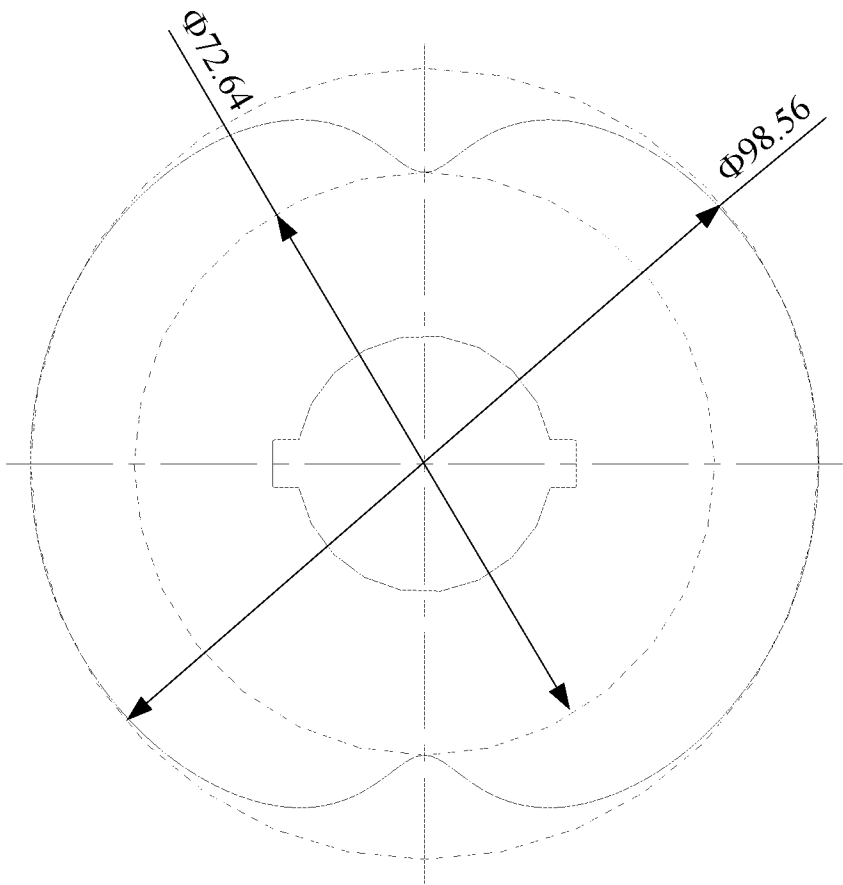


图 1

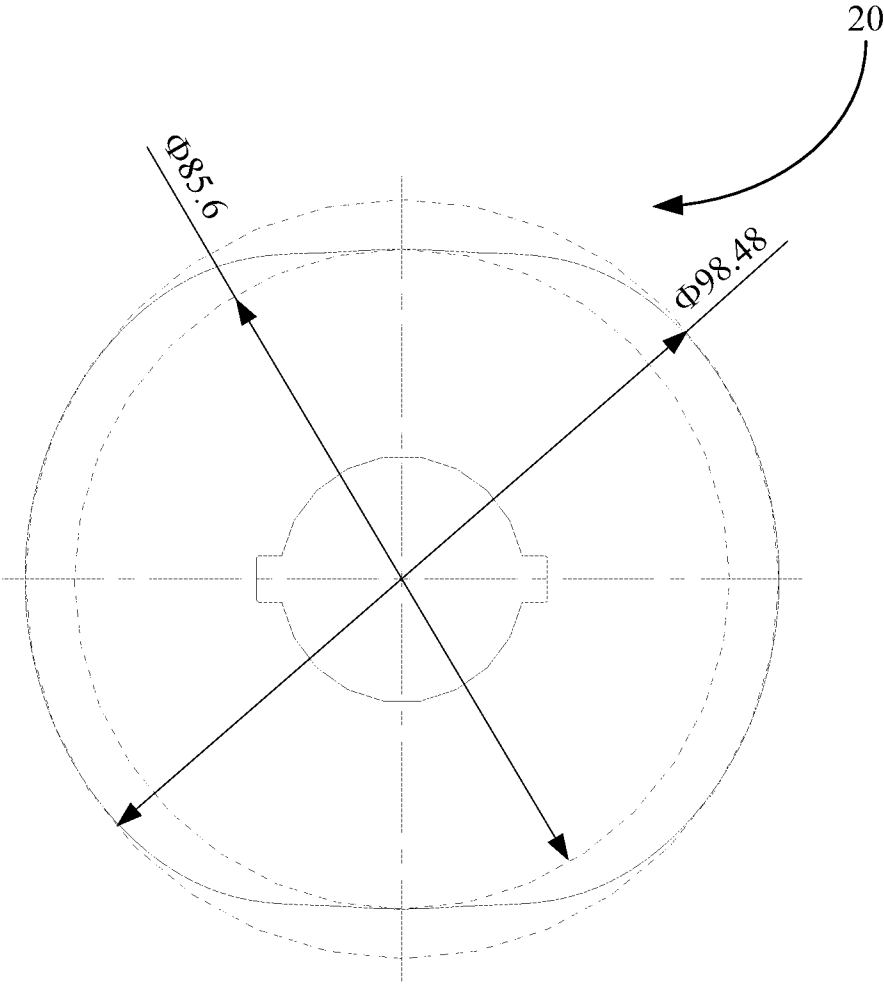


图 2

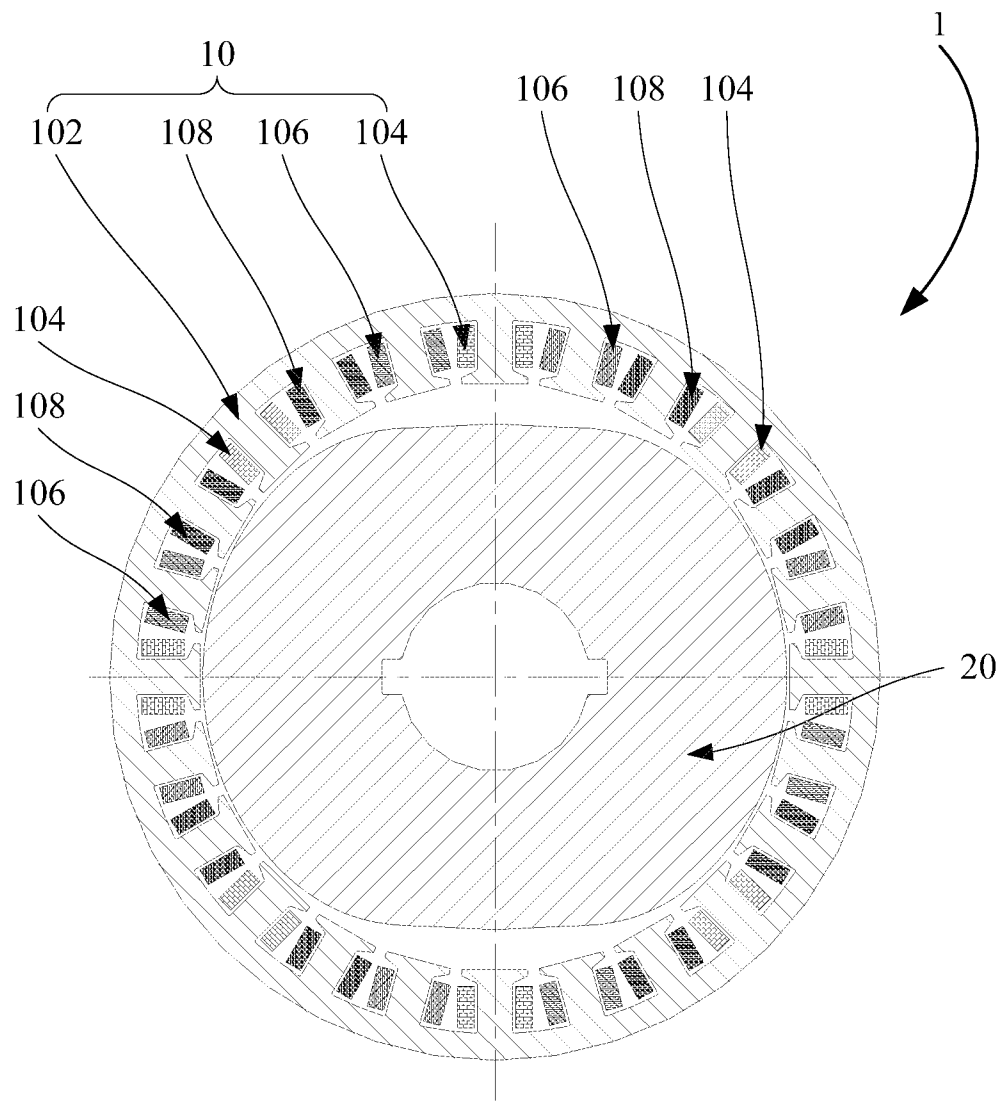


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/093345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 24/00(2006.01)i; G01D 5/20(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)

H02K; G01D

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; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: 威灵, 气隙, 间隙, 角度, 转角, 三次, 谐波, resolver, gap, angle, triple, harmonic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 208608878 U (GUANGDONG WELLING MOTOR MANUFACTURING CO., LTD. ET AL.) 15 March 2019 (2019-03-15) claims 1-10	1-10
A	CN 206250940 U (LS AUTOMOTIVE TECHNOLOGIES CO., LTD.) 13 June 2017 (2017-06-13) description, paragraphs [0005]-[0007], and figure 1	1-10
A	CN 104184236 A (NINGBO BEILUN HAIBO MACHINERY CO., LTD.) 03 December 2014 (2014-12-03) entire document	1-10
A	US 5763976 A (PARKER HANNIFIN CORPORATION) 09 June 1998 (1998-06-09) entire document	1-10

☐ 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

“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

20 August 2019

Date of mailing of the international search report

05 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/093345

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	208608878	U	15 March 2019	None			
CN	206250940	U	13 June 2017	WO	2017082463	A1	18 May 2017
				US	2018306604	A1	25 October 2018
				KR	20170056313	A	23 May 2017
				JP	2018533739	A	15 November 2018
				DE	212015000328	U1	26 July 2018
				KR	20170056486	A	23 May 2017
CN	104184236	A	03 December 2014	CN	104184236	B	14 September 2016
US	5763976	A	09 June 1998	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/093345

A. 主题的分类

H02K 24/00(2006.01)i; G01D 5/20(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)

H02K; G01D

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;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT: 威灵, 气隙, 间隙, 角度, 转角, 三次, 谐波, resolver, gap, angle, triple, harmonic

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 208608878 U (广东威灵电机制造有限公司 等) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 权利要求1-10	1-10
A	CN 206250940 U (LS汽车电子株式会社) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第[0005]-[0007]段, 附图1	1-10
A	CN 104184236 A (宁波市北仑海伯精密机械制造有限公司) 2014年 12月 3日 (2014 - 12 - 03) 全文	1-10
A	US 5763976 A (PARKER HANNIFIN CORP) 1998年 6月 9日 (1998 - 06 - 09) 全文	1-10

☐ 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

“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

2019年 8月 20日

国际检索报告邮寄日期

2019年 9月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

张帆行

电话号码 (86-512) 88995690

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/093345

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	208608878	U	2019年 3月 15日	无			
CN	206250940	U	2017年 6月 13日	WO	2017082463	A1	2017年 5月 18日
				US	2018306604	A1	2018年 10月 25日
				KR	20170056313	A	2017年 5月 23日
				JP	2018533739	A	2018年 11月 15日
				DE	212015000328	U1	2018年 7月 26日
				KR	20170056486	A	2017年 5月 23日
CN	104184236	A	2014年 12月 3日	CN	104184236	B	2016年 9月 14日
US	5763976	A	1998年 6月 9日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)