



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203574521 U

(45) 授权公告日 2014. 04. 30

(21) 申请号 201320704625. 7

(22) 申请日 2013. 11. 08

(73) 专利权人 佛山市顺德区进乐磁材有限公司  
地址 528000 广东省佛山市顺德区均安镇沙  
浦模具城兴业路 10 号二、三层

(72) 发明人 何良远 梁文超 冯政

(74) 专利代理机构 北京商专永信知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11400  
代理人 高之波 郭玥

(51) Int. Cl.

H02K 29/00(2006. 01)

H02K 1/14(2006. 01)

H02K 1/27(2006. 01)

H02K 1/16(2006. 01)

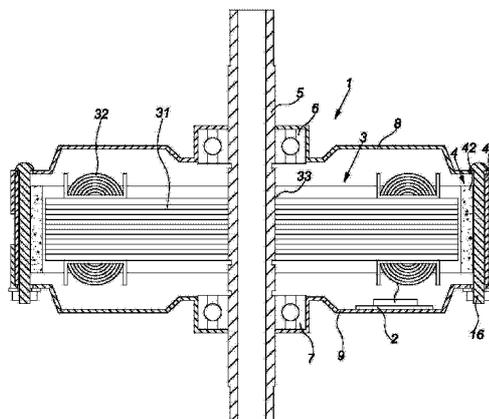
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

三相无刷直流电机

(57) 摘要

本实用新型公开了三相无刷直流电机,包括电机本体和电子控制器,电机本体包括内定子、外转子、电机轴、上滚动轴承、下滚动轴承、上端盖和下端盖,内定子的中心设有轴孔,电机轴穿过轴孔,电机轴与轴孔为间隙配合,在电机轴上沿内定子两侧分别安装有上滚动轴承、上端盖以及下滚动轴承、下端盖,上滚动轴承及下滚动轴承的内圈分别与电机轴固定,上滚动轴承及下滚动轴承的外圈分别固定于上端盖和下端盖内,上端盖及下端盖分别与电机轴固定,电子控制器与内定子的电枢绕组三相对称星形连接。本实用新型采用内定子、外转子结构,结构简单、电机效率高。内定子铁芯与外转子的磁环之间形成不均匀气隙,有效地降低了电磁噪音。



1. 三相无刷直流电机,其特征在于,包括电机本体(1)和电子控制器(2),所述电机本体(1)包括内定子(3)、外转子(4)、电机轴(5)、上滚动轴承(6)、下滚动轴承(7)、上端盖(8)和下端盖(9),所述内定子(3)的中心设有轴孔(7),所述电机轴(5)穿过轴孔(33),所述电机轴(5)与轴孔(33)为间隙配合,所述电机轴(5)上沿内定子(3)两侧分别安装有上滚动轴承(6)、上端盖(8)以及下滚动轴承(7)、下端盖(9),所述上滚动轴承(6)及下滚动轴承(7)的内圈分别与电机轴(5)固定,所述上滚动轴承(6)的外圈固定于上端盖(8)内,所述下滚动轴承(7)的外圈固定于下端盖(9)内,所述上端盖(8)及下端盖(9)分别与电机轴(5)固定,所述上端盖(8)和下端盖(9)之间设有外转子(4),所述外转子(4)套在内定子(3)的外侧且外转子(4)与内定子(3)之间设有间隙,所述上端盖(8)、外转子(4)和下端盖(9)固定连接,所述电子控制器(2)与内定子(3)的电枢绕组(32)三相对称星形连接。

2. 根据权利要求1所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述内定子(3)包括定子铁芯(31)和电枢绕组(32),所述定子铁芯(31)为圆柱状,所述定子铁芯(31)的中心设有轴孔(33),所述定子铁芯(31)的外圆周(10)上均匀分布有多个相同的齿(34),每个齿(34)的顶端所在圆周(12)为轴孔所在圆周(13)的非同心圆,每个齿(34)的根部(39)绕有电枢绕组(32)。

3. 根据权利要求2所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述每个齿(34)的顶端(36)和底端(37)通过绕线端(38)连接,相邻的绕线端(38)相互平行且沿定子铁芯(31)的径向面(C)对称分布,每个齿(34)的底端(37)为二次曲面,相邻齿(34)的根部(39)通过圆弧面连接。

4. 根据权利要求2或3所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述齿(34)的个数为 $3n$ ,其中 $n$ 为正整数,每个齿(34)的顶端(36)与底端(37)之间的最大距离(E)为7mm,相邻绕线端(38)的间距(D)为2mm。

5. 根据权利要求2或3所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述定子铁芯(31)的高度(A)为8mm~30mm,所述定子铁芯(31)的外圆周(10)直径(B)为80mm~188mm。

6. 根据权利要求1所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述外转子(4)包括磁轭(41)和磁环(42),所述磁轭(41)为圆筒状,所述磁轭(41)的内圆柱面上设有磁环(42),且磁环(42)产生的磁场方向沿磁轭(41)的内圆柱面的径向分布,所述磁环(42)由各向异性的注射成型粘结铁氧体制成,所述磁轭(41)由低碳钢制成。

7. 根据权利要求6所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述磁环(42)与磁轭(41)以过盈配合装配。

8. 根据权利要求6或7所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述磁环(42)上沿磁轭(41)的内圆柱面均匀分布有多极磁极(43),且相邻磁极(43)为异性磁极,所述磁极(43)的极数 $M=N \cdot 3n \cdot 2/3$ ,其中 $3n$ 为定子线槽(35)个数, $n$ 、 $N$ 为正整数。

9. 根据权利要求6或7所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述磁轭外径(F)为86mm~185mm,所述磁环内径(G)为82mm~165mm,所述磁环高度(H)为10mm~40mm,所述磁轭高度(I)为14mm~60mm,所述磁轭单边厚度(J)为1.8mm~4.8mm。

10. 根据权利要求6或7所述的三相无刷直流电机,其特征在于,所述注射成型粘结铁氧体为尼龙6或尼龙12,所述低碳钢的牌号为10号~30号。

## 三相无刷直流电机

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及无刷直流电机,特别涉及一种用于家用吊扇、工业吊扇及装饰吊扇的三相无刷直流电机。

### 背景技术

[0002] 现有的吊扇一般采用单相交流电容分相异步电机驱动,该交流异步电机的转子大多采用鼠笼式转子,该转子为硅钢片叠压后铸铝而成的笼型绕组,转子损耗大,因此该电机运行效率较低,一般仅 25% ~ 35% 左右,并且能耗较大。虽然采用无刷直流电机可以提高电机效率,但是现有的无刷直流电机的转子磁铁结构、定子铁芯及其电枢绕组结构、转子磁铁与定子铁芯的装配结构都会影响电机效率。

### 实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的是要提供一种三相无刷直流电机,能够有效地提高吊扇电机的运行效率。

[0004] 根据本实用新型的一个方面,提供了三相无刷直流电机,包括电机本体和电子控制器,电机本体包括内定子、外转子、电机轴、上滚动轴承、下滚动轴承、上端盖和下端盖,内定子的中心设有轴孔,电机轴穿过轴孔,电机轴与轴孔为间隙配合,在电机轴上沿内定子两侧分别安装有上滚动轴承、上端盖以及下滚动轴承、下端盖,上滚动轴承及下滚动轴承的内圈分别与电机轴固定,上滚动轴承的外圈固定于上端盖内,下滚动轴承的外圈固定于下端盖内,上端盖及下端盖分别与电机轴固定,上端盖和下端盖之间设有外转子,外转子套在内定子的外侧且外转子与内定子之间设有间隙,上端盖、外转子和下端盖固定连接,电子控制器与内定子的电枢绕组三相对称星形连接。

[0005] 其有益效果是:由于三相无刷直流电机通过电子控制器检测外转子永磁体与内定子电枢绕组之间产生的反电动势信号,并使得内定子电枢绕组中的电流随着外转子位置的变化按次序换相而实现电子换相过程,形成气隙中步进式的旋转磁场,而且外转子套在内定子的外侧且外转子与内定子之间设有间隙,从而该旋转磁场可以驱动外转子连续不断地旋转,进而由外转子带动下端盖、上端盖以及电机轴转动,该电子控制器采用反电动势检测法检测外转子的位置,克服了在外转子上安装位置传感器带来电机结构复杂的缺点,家用吊扇、工业吊扇及装饰吊扇采用三相无刷直流电机,并以永磁体外转子、电枢绕组内定子的磁路结构,实现了较高的磁通密度和气隙磁通密度,从而实现了外转子的高转矩,因此可以实现更高的电机运行效率。

[0006] 在一些实施方式中,内定子包括定子铁芯和电枢绕组,定子铁芯为圆柱状,定子铁芯的中心设有轴孔,定子铁芯的外圆周上均匀分布有多个相同的齿,每个齿的顶端所在圆周为轴孔所在圆周的非同圆,每个齿的根部绕有电枢绕组。

[0007] 其有益效果是:由于外转子与内定子之间设有间隙,即外转子的内圆周与定子铁芯的外圆周之间设有间隙,且同为轴孔所在圆周的同心圆,而定子铁芯上每个齿的顶端所

在圆周与轴孔所在圆周为非同心圆,且定子铁芯上每个齿的顶端所在圆周与定子铁芯的外圆周内切,那么定子铁芯上每个齿的顶端所在圆周与外转子的内圆周也为轴孔所在圆周的非同心圆,因此定子铁芯上每个齿的顶端与外转子的内表面之间会形成不均匀气隙,且该不均匀气隙从每个齿的两侧向该齿的中部逐渐缩小,正因为定子铁芯上每个齿的顶端与外转子的内表面之间形成不均匀气隙,因此可以实现在电机工作过程中有效地降低电磁噪音;由于定子铁芯上每个齿的顶端为圆弧面,其表面更平滑,因此可以实现在电机工作过程中有效地避免电机在换相时由于定子铁芯上每个齿的顶端不平滑而产生的磁通量不均匀从而造成的电磁振动;由于每个齿的根部绕有电枢绕组,即相邻两个齿的根部之间形成固定的绕线槽,电枢绕组由铜线圈穿过相邻的绕线槽并沿齿的根部绕制而成,该绕线槽结构简单,只需绕制一组线圈即可,因此可以实现电枢绕组的绕线结构简单、节省铜材料,降低生产成本的同时提高了电机效率。

[0008] 在一些实施方式中,每个齿的顶端和底端通过绕线端连接,相邻的绕线端相互平行且沿定子铁芯的径向面对称分布,每个齿的底端为二次曲面,相邻齿的根部通过圆弧面连接。

[0009] 其有益效果是:由于每个齿根据顶端和底端由绕线端连接、相邻的绕线端相互平行且沿定子铁芯外圆的径向面对称、相邻齿的根部由圆弧面连接的几何形状设置,因此可以实现每个齿根部所绕制的电枢绕组达到最佳的换相效果并产生稳定的旋转磁场;还由于每个齿的底端为二次曲面,其表面更平滑,因此可以实现电机高速转动时能更大幅度地提高定子铁芯的齿顶端的磁通量,使电机能够更安静平稳地工作。

[0010] 在一些实施方式中,齿的个数为  $3n$ ,其中  $n$  为正整数,每个齿的顶端与底端之间的最大距离为  $7\text{mm}$ ,相邻绕线端的间距为  $2\text{mm}$ 。

[0011] 其有益效果是:由于齿的个数、每个齿的顶端与底端的最大距离  $7\text{mm}$  即为每个齿的高度  $7\text{mm}$ ,保证了外转子与内定子之间能形成较大的气隙磁通密度,而相邻绕线端的间距  $2\text{mm}$ ,即相邻齿的间距  $2\text{mm}$ ,保证了相邻电枢绕组之间较大的磁通密度,因此可以实现最佳的电机运行效率。

[0012] 在一些实施方式中,定子铁芯的高度为  $8\text{mm} \sim 30\text{mm}$ ,定子铁芯的外圆周直径为  $80\text{mm} \sim 188\text{mm}$ 。

[0013] 其有益效果是:由于定子铁芯的尺寸设置,使得外转子与内定子之间能形成最大的气隙磁通密度,磁路的磁通密度最大,因此可以实现最佳的电机运行效率。

[0014] 在一些实施方式中,外转子包括磁轭和磁环,磁轭为圆筒状,在磁轭内圆柱面上设有磁环,且磁环产生的磁场方向沿磁轭内圆柱面的径向分布,磁环由各向异性的注射成型粘结铁氧体制成,磁轭由低碳钢制成。

[0015] 其有益效果是:由于注射成型粘结铁氧体为铁氧体颗粒添加粘合剂后高温注射成型,保证了磁环能够以一个连续的圆环体设置于磁轭的内圆柱面,克服了由分离的永磁铁构成磁环时每块永磁铁之间会存在间隙的缺点,因此可以实现电机运行阻力小、运行平稳,从而提高电机效率;由于筒状磁轭的内圆柱面设置磁环,磁环与磁轭组合成外转子,定子铁芯置于磁环内,磁环的内圆弧面与定子铁芯上齿的外圆面相匹配,可以形成具有较高气隙磁通密度的气隙,而磁环与定子铁芯之间形成径向磁路,则转子构成了具有径向磁路的外转子,使得无刷直流电机具有较高的磁通密度以及更大的气隙磁通,从而输出转矩更大,还

由于磁环以各向异性的注射成型粘结铁氧体作为永磁材料,具有较高的剩余磁通密度、矫顽力以及磁能积,并且重量轻,因此可以实现家用吊扇、工业吊扇及装饰吊扇采用外转子的无刷直流电机能够达到更高的电机效率。

[0016] 在一些实施方式中,磁环与磁轭以过盈配合装配。

[0017] 其有益效果是:由于磁环的外圆弧面与磁轭的内圆柱面以过盈配合装配,克服了现有磁轭和磁环一般所采用胶粘剂粘结的表面贴装方式,使得磁轭和磁环装配成为组合体,因此可以实现有效避免电机高速运行中磁环松动或脱落,还可以实现组合体易于加工性以及提高了磁环的加工精度和机械强度。

[0018] 在一些实施方式中,磁环上沿磁轭的内圆柱面均匀分布有多极磁极,且相邻磁极为异性磁极,磁极极数  $M=N \cdot 3n \cdot 2/3$ ,其中  $3n$  为定子线槽个数, $n$ 、 $N$  为正整数。

[0019] 其有益效果是:由于磁环上均匀分布有  $M$  极磁极, $M$  极磁极的极性交替变化,磁极极数  $M=N \cdot 3n \cdot 2/3$  确定了磁极级数与定子槽数之间的数量关系,满足该数量关系的磁极极数  $M$  为偶数,使得相邻磁极成一组形成了均匀的磁场,并且  $M$  极磁极与对应定子槽数的定子铁芯之间径向磁路的磁力线较多、较密集,无刷直流电机的磁通密度较大,因此可以实现较大的转矩和较高的电机效率。

[0020] 在一些实施方式中,磁轭外径为  $86\text{mm} \sim 185\text{mm}$ ,磁环内径为  $82\text{mm} \sim 165\text{mm}$ ,磁环高度为  $10\text{mm} \sim 40\text{mm}$ ,磁轭高度为  $14\text{mm} \sim 60\text{mm}$ ,磁轭单边厚度为  $1.8\text{mm} \sim 4.8\text{mm}$ 。

[0021] 其有益效果是:由于磁轭和磁环的尺寸设置,使得转子与定子之间能形成最大的气隙磁通密度,磁路的磁通密度最大,因此可以实现最佳的电机运行效率。

[0022] 在一些实施方式中,注射成型粘结铁氧体为尼龙 6 或尼龙 12,低碳钢的牌号为 10 号~30 号。

[0023] 其有益效果是:由于永磁材料采用尼龙 6 或尼龙 12,因此可以实现良好的强度、耐高温性以及注射成型时磁场的取向性,提高了磁性能;还由于采用 10 号~30 号低碳钢,因此可以实现磁轭较高的磁导率,增加无刷直流电机的磁通密度,提高运行效率。

[0024] 本实用新型的有益效果在于:采用内定子、外转子结构的三相无刷直流电机,结构简单、运行可靠、电机运行效率高。内定子采用单独一组固定绕线的绕线槽,结构简单、加工方便、运行安全,内定子铁芯的齿顶端与外转子的磁环之间形成不均匀气隙,有效地降低了电机工作时的电磁噪音,同时也降低了加工成本,并且三相无刷直流电机在启动、换相时无需由霍尔传感器检测转子位置,安装更方便可靠。

#### 附图说明

[0025] 图 1 为本实用新型的一实施方式的三相无刷直流电机的剖视主视图;

[0026] 图 2 为图 1 所示外转子与内定子装配的俯视示意图;

[0027] 图 3 为图 2 所示外转子与内定子装配的剖视左视图;

[0028] 图 4 为图 1 所示三相无刷直流电机的控制框图。

#### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本实用新型作进一步详细的说明。

[0030] 图 1 示意性地显示了根据本实用新型的一种实施方式的三相无刷直流电机,如图

1 所示,该三相无刷直流电机包括电机本体 1 和电子控制器 2,电机本体 1 包括内定子 3、外转子 4、电机轴 5、上滚动轴承 6、下滚动轴承 7、上端盖 8 和下端盖 9。内定子 3 包括定子铁芯 31 和电枢绕组 32,外转子 4 包括磁轭 41 和磁环 42,外转子 4 的磁性能经测试得出如下技术参数:剩余磁通密度  $B_r \geq 260\text{mT} \sim 290\text{mT}$ ,内禀矫顽力  $H_{cj} \geq 2500 \sim 32000\text{e}$ ,最大磁能积  $BH_{\text{max}} \geq 1.70 \sim 2.10\text{MG0e}$ 。电机轴 5 穿过轴孔 33,电机轴 5 与轴孔 33 为间隙配合,在电机轴 5 上沿定子铁芯 31 两侧分别安装有上滚动轴承 6、上端盖 8 以及下滚动轴承 7、下端盖 9,上滚动轴承 6 及下滚动轴承 7 的内圈分别与电机轴 5 固定,上滚动轴承 6 及下滚动轴承 7 的外圈分别固定于上端盖 8 和下端盖 9 内,上端盖 8 及下端盖 9 分别与电机轴 5 以过盈配合装配固定,上端盖 8 和下端盖 9 之间设有外转子 4,磁环 42 套在定子铁芯 31 的外侧且有间隙,上端盖 8、外转子 4 和下端盖 9 通过螺栓连接 16,电子控制器 2 与内定子 3 的电枢绕组 32 三相对称星形连接。

[0031] 如图 2、3 所示,定子铁芯 31 为圆柱状,定子铁芯 31 的高度 A 为 16mm,定子铁芯 31 的外圆周 10 直径 B 为 132.5mm。定子铁芯 31 的中心设有轴孔 33,轴孔 33 的四周均匀分布有四个散热孔 11,定子铁芯 31 的外圆周 10 上均匀分布有 12 个相同的齿 34,即定子线槽 35 为 12 个(取  $n=4$ ,齿的个数  $3n=12$ ,且齿的个数  $3n$  等于定子线槽个数  $3n$ ),每个齿 34 的顶端 36 和底端 37 通过绕线端 38 连接,相邻的绕线端 38 相互平行且沿定子铁芯 31 的径向面 C 对称分布,且间距 D 为 2mm,相邻齿 34 的根部 39 通过圆弧面连接,每个齿 34 的根部 39 绕有电枢绕组 32。每个齿 34 的底端 37 为圆弧面,每个齿 34 的顶端 36 与底端 37 之间的最大距离 E 为 7mm。

[0032] 每个齿 34 的顶端所在圆周 12 为轴孔所在圆周 13 的非同心圆,圆心分别为  $O_1$ 、 $O_2$ ,磁环 42 的内圆柱面所在圆周 14 与定子铁芯 31 的外圆周 10 同为轴孔所在圆周 13 的同心圆,每个齿 34 的顶端所在圆周 12 与定子铁芯 31 的外圆周 10 内切,那么每个齿 34 的顶端所在圆周 12 与磁环 42 的内圆柱面所在圆周 14 也为轴孔所在圆周 13 的非同心圆,因此定子铁芯 31 上每个齿 34 的顶端 36 与磁环 42 的内圆柱面之间会形成不均匀气隙 15,且不均匀气隙 15 从每个齿 34 的两侧向齿 34 的中部逐渐缩小,因此可以有效地降低电磁噪音。

[0033] 磁轭 41 为圆筒状,在磁轭 41 的内圆柱面上设有磁环 42,磁环 42 与磁轭 41 以过盈配合装配,磁环 42 上沿磁轭 41 的内圆柱面均匀分布有磁极 43,磁极 43 的极数为 8 ( $M=N \cdot 3n \cdot 2/3$  中取  $N=1$ ,定子槽数  $3n=12$ ,则磁极极数  $M=8$ ),且相邻磁极 43 为 N 极、S 极交替排列的异性磁极,磁环 42 产生的磁场方向沿磁轭 41 内圆柱面的径向分布,磁环 42 为尼龙 12 材料,磁轭 41 为 20 号低碳钢。磁轭外径 F 为 155mm,磁环内径 G 为 134.5mm,磁环高度 H 为 25mm,磁轭高度 I 为 36mm,磁轭单边厚度 J 为 3.0mm。

[0034] 如图 1、4 所示,三相无刷直流电机采用电子控制器 2 替代直接安装位置传感器(如霍尔传感器)提供转子磁场位置信息,电子控制器 2 包括 ST7MC 微控制芯片和换相驱动器,其中换相驱动器还包括换相信号处理电路和功率开关电路,其中换相信号处理电路、功率开关电路分别与 ST7MC 微控制芯片对应连接,功率开关电路与内定子的电枢绕组三相对称星形连接。内定子的相邻两个齿的根部之间形成固定的绕线槽用于绕制电枢绕组,该绕线槽的个数即为定子槽数  $3n=12$ ,三相对称星形连接的具体绕线方式如下:沿定子铁芯的外圆周顺次选定 1~12 号齿,设定 1、4、7、10 号齿为第一绕线组,设定 2、5、8、11 号齿为第二绕线组,设定 3、6、9、12 号齿为第三绕线组,所有绕线组按顺时针方向绕线,同一绕线组内

齿与齿之间以跨线形式过渡,第一、二、三绕线组的末端相接,并且每一绕线组分别与功率开关电路对应连接。

[0035] ST7MC 微控制芯片采用反电动势过零法检测外转子的磁环与内定子电枢绕组的相对位置,将外转子磁环的永磁磁场的位置信号输入换相信号处理电路,换相信号处理电路对外转子的位置信号和 ST7MC 微控制芯片的控制信号进行逻辑处理和综合运算,得到对各相绕组的导通顺序和合适的导通角度的逻辑信号,提供给功率开关电路,功率开关电路连接内定子电枢绕组,以接通或断开相绕组,实现各相绕组的正确换相,使得内定子电枢绕组中的电流随着外转子位置的变化按次序换相而实现电子换相过程,形成气隙中步进式的旋转磁场,驱动外转子连续不断地旋转,从而外转子带动上端盖、下端盖以及电机轴旋转。

[0036] 该三相无刷直流电机经吊扇运转测试表明,采用该三相无刷直流电机的运行效率在 50% ~ 75% 左右,相对于传统的交流异步电机的效率大大提高,能耗也大大降低。

[0037] 以上所述的仅是本实用新型的一些实施方式。对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型创造构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本实用新型的保护范围。

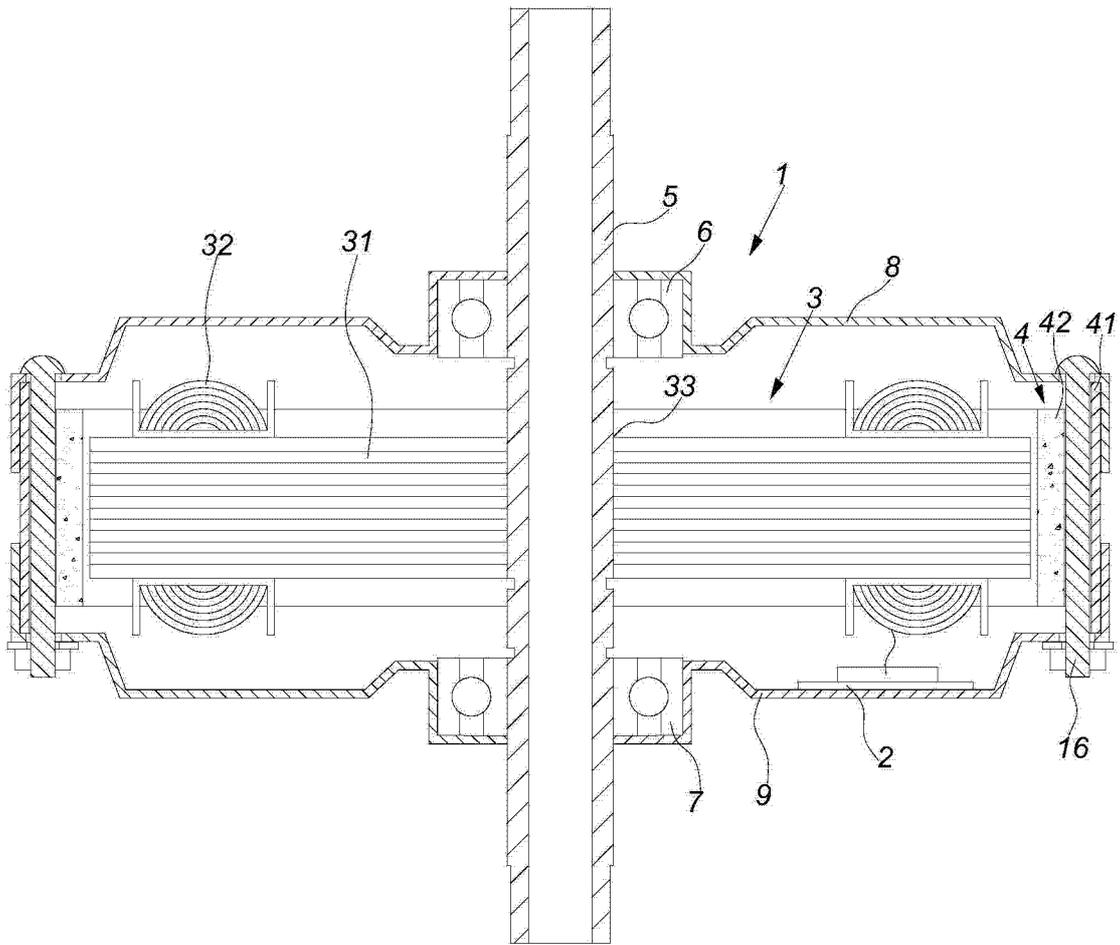


图 1

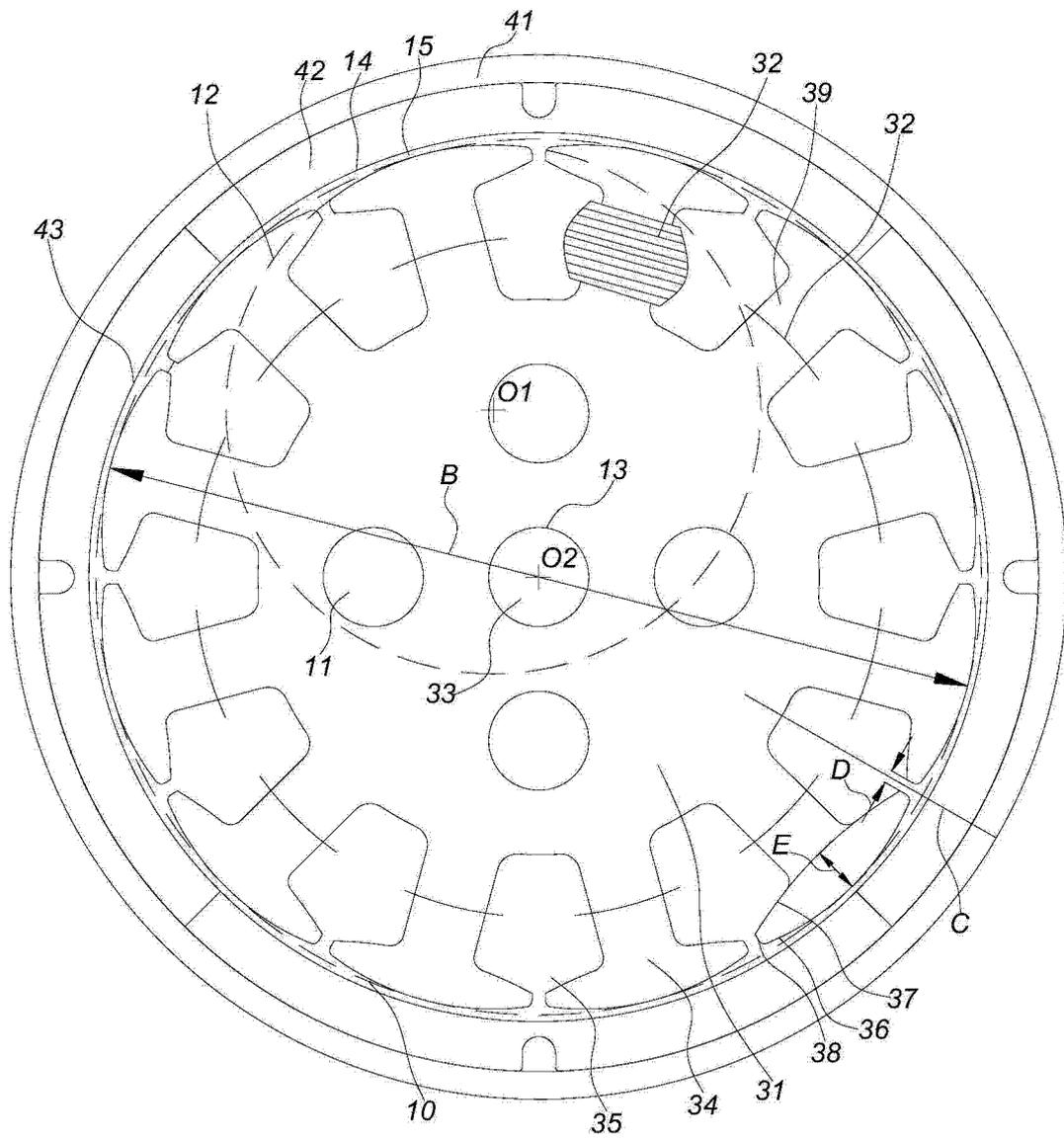


图 2

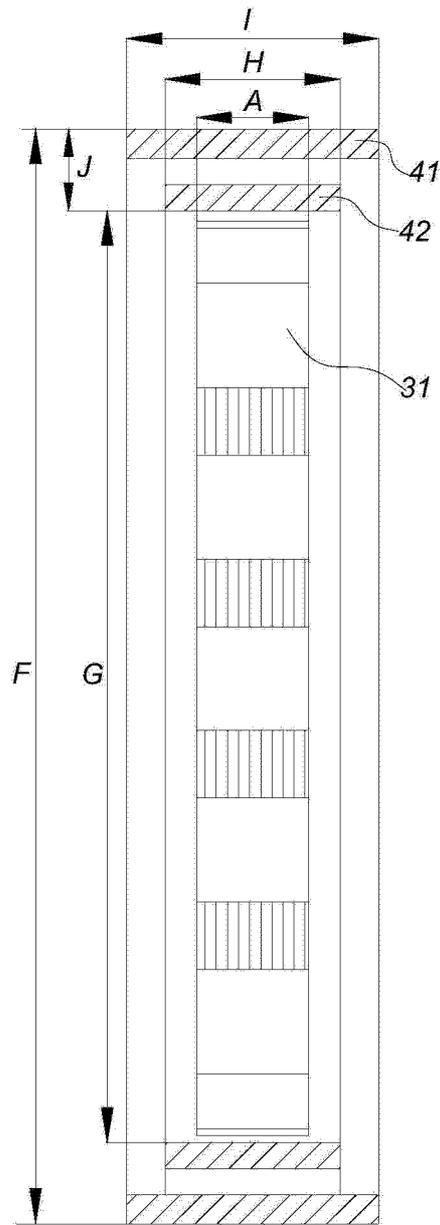


图 3

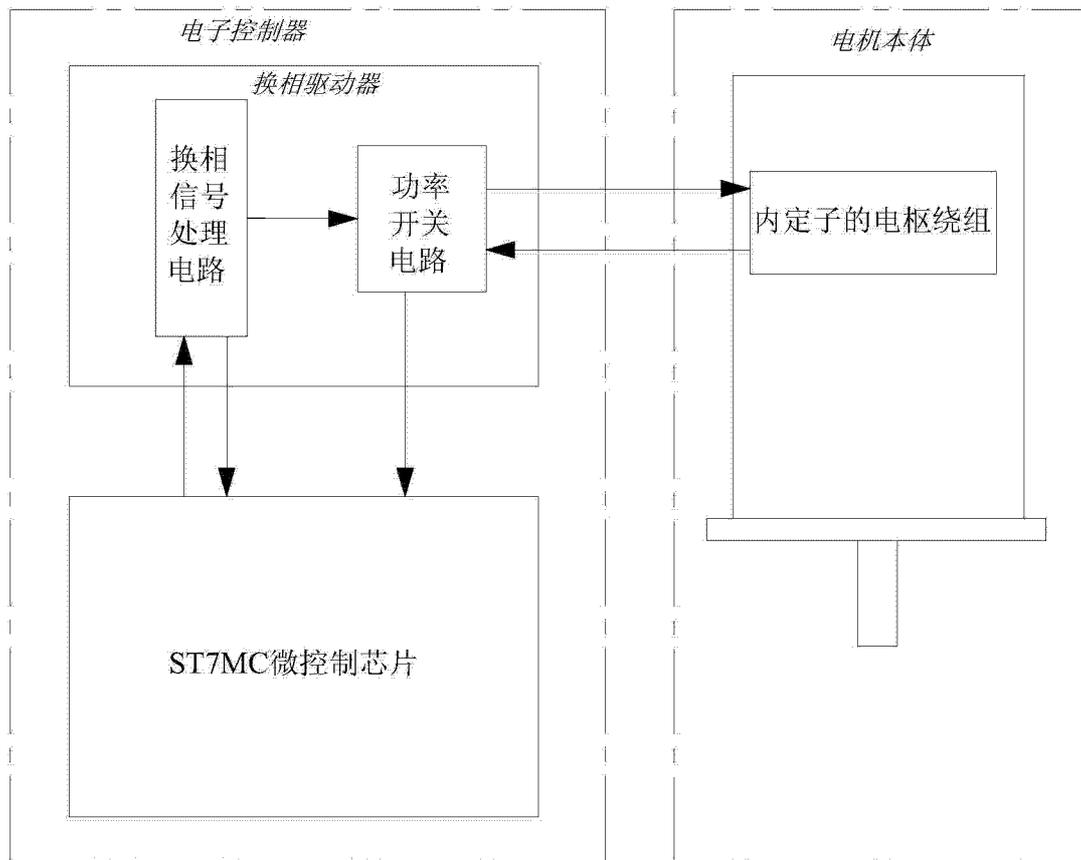


图 4