



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104578634 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201510057751. 1

H02K 3/04(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 02. 04

H02K 3/28(2006. 01)

(71) 申请人 河南理工大学

地址 454000 河南省焦作市高新区焦作世纪大道 2001 号

(72) 发明人 朱军 刘慧君 朱艺锋 董玉杰  
许孝卓 封海潮 付融冰  
上官璇峰 汪旭东

(74) 专利代理机构 郑州科维专利代理有限公司  
41102  
代理人 张欣棠

(51) Int. Cl.

H02K 16/02(2006. 01)

H02K 1/27(2006. 01)

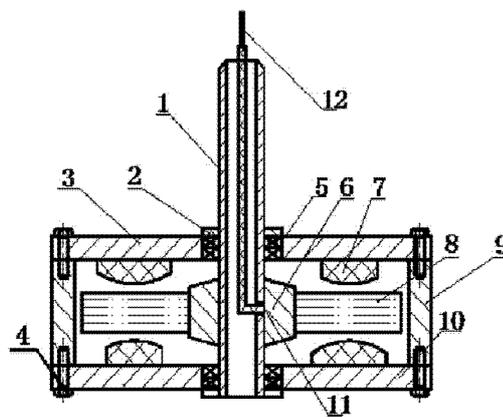
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## (54) 发明名称

一种无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机

## (57) 摘要

本发明公开了一种无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,包括主轴、转子和定子,转子含两个对称分布于定子两侧的转子盘,转子盘内侧面面向定子均设有永磁体,永磁体形状为含大小不同磁极夹角的带弧面的切饼形或跑道形,且沿圆周方向的相邻永磁体和沿主轴方向相对的永磁体极弧系数不同。定子包括定子线圈绕组及其支撑件,定子采用不重叠三相对称的单层集中式绕组,线圈形状为菱形或锥形,无铁芯结构。本发明可替代传统的径向磁通和有铁芯结构的发电机,相比结构简单,启动轻便,发电效率和质量高,噪声小,非常适用于小型直驱式垂直轴风力发电系统,可广泛应用于城市、牧区、海岛、渔船等要求发电设备移动灵活性好,发电质量和效率较高的场合。



1. 一种无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,包括主轴、转子和定子,所述定子固定连接所述主轴,所述转子含两个对称分布于所述定子两侧的上转子盘(3)和下转子盘(10),转子盘(3、10)内侧面向所述定子均设有永磁体(7),转子盘支承在所述主轴上,并与发电机机壳(9)固定连接,其特征在于:永磁体(7)形状为含大小不同极弧系数且表面圆弧凸起的切饼形或跑道形。

2. 根据权利要求1所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:永磁体(7)为沿转子盘(3、10)圆周方向布置的多个永磁体,均匀交替放置N极和S极,且沿圆周方向的相邻永磁体和沿所述主轴方向相对的永磁体极弧系数不同,极弧系数分别取0.7和0.8。

3. 根据权利要求2所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:永磁体(7)主表面呈平面,安装在转子盘(3、10)面上,与之相对的另一面呈圆弧凸起,圆弧凸起面沿主轴方向相对布置。

4. 根据权利要求3所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:永磁体(7)总数目为大于40的偶数,充磁方向均为轴向。

5. 根据权利要求1-4任一所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:所述定子包括定子线圈绕组(8)及其固定在一起的支撑件(6),定子线圈绕组(8)通过支撑件(6)与所述主轴固定连接。

6. 根据权利要求5所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:定子线圈绕组(8)采用不重叠三相对称的单层集中式绕组,形状为菱形或锥形,无铁芯和齿槽结构。

7. 根据权利要求6所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:定子线圈绕组(8)的线圈电气夹角,取值范围为 $220^{\circ}$ - $260^{\circ}$ 。

8. 根据权利要求7所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:定子线圈绕组(8)线圈电气夹角,取 $240^{\circ}$ ,线圈数总数为能被3整除的正整数。

9. 根据权利要求8所述的无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,其特征在于:所述主轴为空心主轴(1),空心主轴(1)上设有定子线圈绕组(8)引出线(12)的穿线孔(11)。

## 一种无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力发电机,具体涉及一种定子无铁芯双气隙轴向磁通永磁感应风力发电机。

### 背景技术

[0002] 目前,小型风力发电机主要有径向和轴向磁通两种形式,轴向磁通发电机结构紧凑,转矩密度大,轴向长度短,容易设计成多极电机;此外,定子设计成无铁芯结构,可以消除发电机运行中齿槽转矩力的影响,减小磁滞和涡流损耗,降低发电机切入风速,能够运行在较大风速范围内,适合无增速齿轮箱的直驱风力发电系统,提高了风力发电系统的可靠性。

[0003] 小型风力发电机要求电机切入风速低,转动惯量大,能够实现微风发电;发电效率高,损耗小;发电质量高,谐波含量低;重量轻,体积小,材料利用率高,结构紧凑简单。

[0004] 目前国内对这种高电能质量输出的无铁芯轴向磁通永磁发电机很是少见,如中国发明专利 CN 103887909A 所涉及的轴向磁通电机,定子绕组有铁芯,其结构和国内外相关理论研究一致,由于其起动转矩动大,微风下很难起动发电,同时电能质量也难以保证,不适用于小型风力发电领域。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种能微风启动发电、发电质量高、运行轻巧稳定,结构简单紧凑的双气隙轴向磁通永磁风力发电机。

[0006] 本发明采用的技术方案为:该无铁芯双气隙轴向磁通永磁风力发电机,包括主轴、转子和定子,所述定子固定连接所述主轴,所述转子含两个对称分布于所述定子两侧的转子盘,所述转子盘内侧面面向所述定子均设有永磁体,转子盘支承在所述主轴上,其特点是,所述永磁体形状为极弧系数不等且且表面圆弧凸起的切饼形或跑道形。

[0007] 以下是一些优选方案中的有关技术手段。

[0008] 所述永磁体沿所述转子盘圆周方向布置多个永磁体,均匀交替放置 N 极和 S 极体,且沿圆周方向的相邻永磁体和沿主轴方向相对的永磁体极弧系数不同,极弧系数分别取 0.7 和 0.8。

[0009] 进一步,所述永磁体主表面呈平面,安装在转子盘面上,与之相对的另一面呈圆弧凸起,圆弧凸起面沿轴向相对布置。

[0010] 进一步,所述永磁体总数目为大于 40 的偶数,均沿轴向充磁。

[0011] 所述定子包括定子线圈绕组及其固定在一起的支撑件,所述定子绕组线圈通过支撑件与所述主轴固定连接,所述定子绕组线圈经过环氧树脂注塑加工。

[0012] 所述定子绕组采用不重叠三相对称的单层集中式绕组,形状为菱形或锥形,无铁芯和齿槽结构。

[0013] 进一步,所述定子线圈绕组的线圈电气夹角可以取值的范围  $220^{\circ}$ – $260^{\circ}$ ,其线圈数

总数为能被 3 整除的正整数。

[0014] 所述主轴为空心主轴。所述空心主轴上设有所述定子线圈绕组引出线的小孔。

[0015] 与现有轴向磁通发电机相比,本发明专利有如下优点:

1、本发明所示的轴向磁通永磁发电机,采用有圆弧凸起的切饼形或跑道形永磁体形状,具有发电机输出电能质量高,谐波含量低,波形正弦性好,永磁材料利用率高的优点,同时采用与永磁体形状匹配的菱形或锥形线圈,能够有效的减小线圈端部长度和铜耗,提高了发电效率;

2、本发明采用的永磁体布置方案,具有减小漏磁,节约永磁体材料,减小转矩波动的特点;

3、本发明采用不重叠三相对称的单层集中式绕组,形状为菱形或锥形,无铁芯和齿槽的定子部件结构,该定子几乎没有磁滞和涡流损耗,同时避免了风力发电机启动时需要克服齿槽转矩力的影响,无齿槽结构使得线圈绕制更加自由灵活,省去齿槽形状的束缚,电机运转更轻快,能够做到低速甚至超低速启动发电的目标,提高了风能利用率;

4、本发明将多个线圈按照一定的顺序连接起来制作成定子绕组,经过环氧树脂对其注塑加工,将定子绕组和支撑部件一体化处理,使其固定在主轴上,保证电机持续稳定运行时不会出现振动和大噪声。

[0016] 综合上述优点,本发明的主轴向磁通永磁电机可以替代传统的径向磁通和有铁芯结构的发电机,相比结构简单,启动轻便,发电效率和质量高,噪声小,非常适用于小型直驱式垂直主轴风力发电系统,可广泛应用于城市、牧区、海岛、渔船等要求发电设备移动灵活性好,发电质量和效率较高的场合。

## 附图说明

[0017] 图 1 是本发明的结构示意图;

图 2 是一种切饼形永磁体的示意图;

图 3 是图 2 沿 A-A 的剖视图;

图 4 是转子盘永磁体的布置示意图;

图 5 是定子线圈绕组形状示意图;

图 6 是定子线圈绕组布局示意图。

[0018] 图中各标号:1、空心主轴,2、轴承端盖,3、上转子盘,4、螺栓,5、轴承,6、定子线圈绕组支撑件,7、永磁体,8、定子线圈绕组,9、机壳,10、下转子盘,11、穿线孔,12、绕组引出线。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明:

如图 1 所示,该定子无铁芯主轴向磁通永磁发电机,包括主轴、转子和定子。所述定子固定在所述主轴上,所述转子含两个转子盘,转子盘置于定子两侧,与所述主轴活动连接。

[0020] 所述主轴采用空心主轴 1。

[0021] 所述转子包括上下两个转子盘 3 和 10,以及上下转子盘 3 和 10 上的永磁体 7,转子绕其支承的空心主轴 1 旋转,空心主轴 1 系支撑件,相对转子不旋转。上下转子盘 3、10 通

过六个螺栓 4 固定在发电机机壳 9 上,即转子盘 3,10 以及永磁体 7 和机壳组成旋转部件。

[0022] 上下两转子盘 3 和 10 上分别对应设置两种不同磁极夹角的永磁体 7,且均沿空心主轴 1 轴向面对所述定子,永磁体和所述定子的绕组线圈之间有一定的气隙距离,在转子盘内侧沿圆周方向交替放置永磁体 7 的 N 极和 S 极(如图 4 所示),并且使转子盘 3 和 10 上沿主轴向相对的两块永磁体的面极性相反,即两者的充磁方向沿主轴向相反,一个朝上,一个朝下,同时二者的极弧系数也不相同,同时沿着主轴向分布与之类似,即,沿圆周方向上,相邻的两块永磁体充磁方向相反,极弧系数不等。

[0023] 所述转子盘的磁极对数为大于 10 的正整数,也就是说每个转子盘上永磁体数目为 20 个或更多,一个转子盘上永磁体数目 = 磁极对数  $\times$  2,所述发电机极弧系数取 0.7-0.8 之间任意数,则永磁体磁极夹角 = 极弧系数  $\times$  磁极对数 / 180,特别的上下转子盘 3 和 10 上相邻和相对的两块永磁体的极弧系数不同,也就是磁极夹角不同,即磁极夹角一个大,一个小,本发明的两组极弧系数分别是 0.7 和 0.8。

[0024] 如图 2、3 所示,永磁体 7 形状是切饼形,切饼形永磁体类似于将圆形永磁体切成具有一定磁极夹角的形状;永磁体 7 形状也可以是跑道形,跑道形永磁体是将永磁体直线部分有水平改装成有磁极夹角的形状。优选所述永磁体 7 形状的目的,在于充分利用永磁体材料,达到提高永磁体利用率的目的。特别的,永磁体 7 主表面呈平面,安装在转子盘面上,与之相对的另一面即朝向线圈的一面设计成圆弧凸起,圆弧凸起面沿轴向相对布置,其中凸起的圆弧主轴线与永磁体 7 主轴线重合,优选圆弧凸起结构目的在于提高发电机气隙正弦磁场分布特性,使得气隙磁场接近正弦化,最终有利于减小发电机谐波输出,提高电能输出质量。

[0025] 永磁体 7 材料采用高磁能积的钕铁硼材料。

[0026] 定子整体上呈无铁芯和齿槽结构,无铁芯使得电机几乎没有磁滞和涡流损耗,避免了风力发电机启动时需要克服齿槽转矩力的影响,无齿槽结构使得线圈绕制更加自由灵活,省去齿槽形状的束缚。

[0027] 所述定子包括定子线圈绕组 8 和定子支撑件 6,经过环氧树脂对绕组线圈注塑加工,将定子线圈绕组 8 和支撑件 6 固定在一起,安装在空心主轴 1 上,其中线圈绕组 8 的引出线 12 经过空心主轴 1 上的小孔 11 引出,所述定子相对转子静止。综上所述,定子线圈绕组 8,支撑件 6 和空心轴 1 组成静止部件。

[0028] 如图 5、6 所示,定子线圈绕组 8 的形状为菱形或锥形,无铁芯结构,优选菱形或锥形线圈形状目的在于其形状相近于永磁体 7,使得与永磁体 7 圆弧部分相对应的线圈部分的导体有效,也能有效的切割磁力线,感应出电能,也就减小了线圈端部长度,相对的减小了铜耗,提高了发电效率。

[0029] 定子线圈绕组 8 采用不重叠三相对称的集中绕组,线圈数目有电机极对数和线圈夹角决定,也就是说线圈数 =  $360 \times$  磁极对数 / 线圈夹角,这里特别的指出,线圈夹角是电气角度非机械角度,电气角度 = 磁极对数  $\times$  360,当  $\theta_p / \theta_c > 0.4$  时(如图 5,这里用电角度  $\theta_c$  表示线圈在某一半径处的宽度),线圈夹角取  $220-260^\circ$ ,本发明所涉及线圈夹角按照最大一组的极弧系数选取,即 0.7 和 0.8,线圈夹角取  $240^\circ$  的电角度。

[0030] 定子线圈绕组 8 的支撑件 6 从空心主轴 1 沿半径方向向外延伸至绕组 8 的内侧,支撑件 6 设置在两转子盘 3 和 10 中间,即在上下永磁体 7 凸起的圆弧面的中间,定子支撑

件 6 通过过盈配合嵌套在空心主轴 1 上,相对所述转子保持静止,永磁体的圆弧面与定子线圈表面最短距离为 0.5-2.0mm。

[0031] 主轴承部件 5 设置在空心主轴 1 外表面上,上下轴承 5 沿主轴向分别镶嵌在两个转子盘 3 和 10 的内孔部,且与转子盘 3 和 10 之间的距离相等,上下轴承 5 可使转子绕空心主轴 1 旋转,同时支撑转子重量和施加在转子上的负载,上下轴承 5 沿主轴向外端分别设有起密封作用的主轴承端盖 2。

[0032] 如上所述,本发明结构简单紧凑,电机启动轻捷,非常适用于微风风力发电系统,具有启动发电转速低,发电效率和质量高,运转平稳,损耗低的优势。

[0033] 应当指出,对于本技术领域的技术人员应该清楚的是,在不脱离本发明权利要求所请求的保护范围,以及不违背本发明宗旨的情况下,可以对所述具体实施方式做出等同替代或明显变型,以及若干改进或润饰。

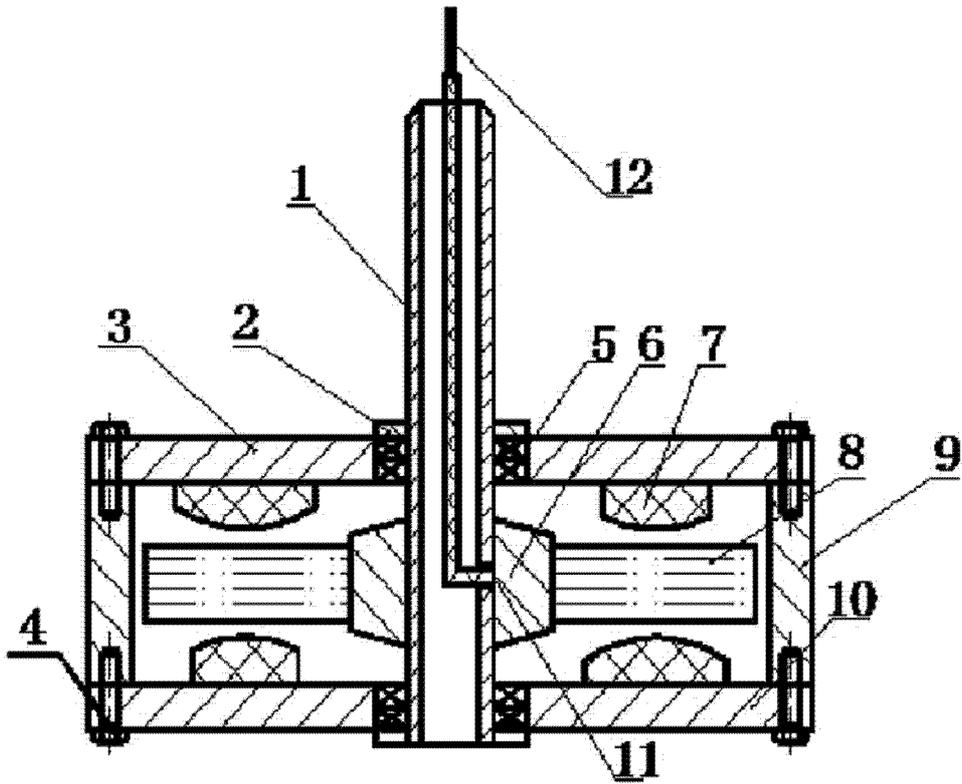


图 1

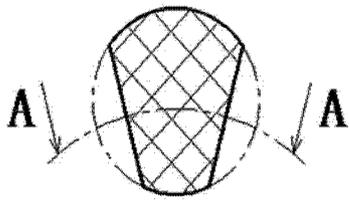


图 2

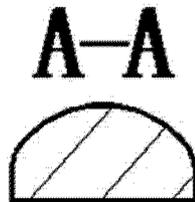


图 3

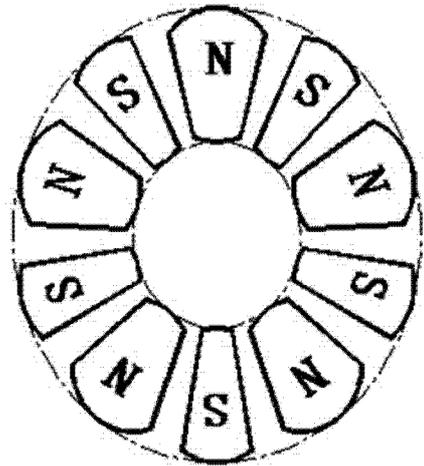


图 4

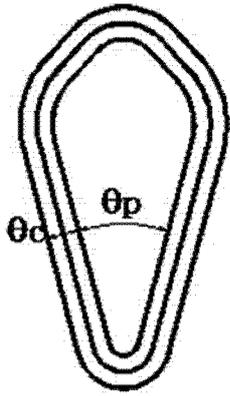


图 5

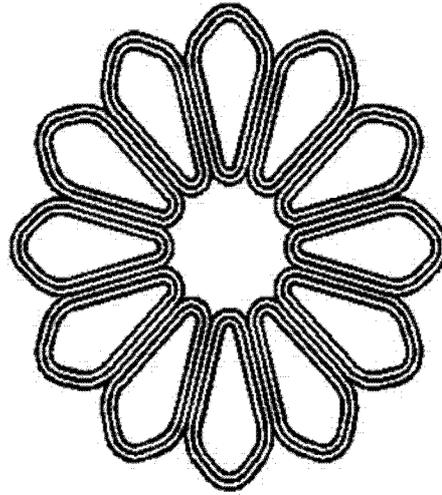


图 6