(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 102545514 A
(43)申请公布日 2012.07.04

(21)申请号 201210013796.5

(22)申请日 2012.01.17

(71)申请人 东南大学
地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72)发明人 樊英 金小香 黄进 罗勇

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所（普通合伙） 32204
代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.
H02K 21/22(2006.01)
H02K 1/17(2006.01)
H02K 1/27(2006.01)

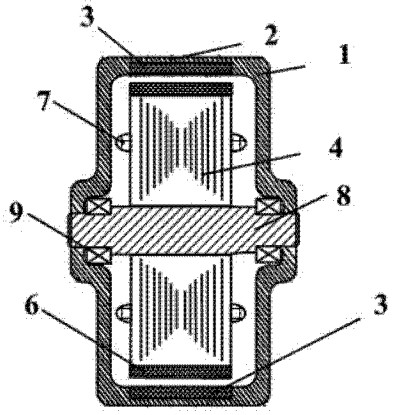
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54)发明名称

一种永磁直驱式游标电机

(57)摘要

本发明公开了一种永磁直驱式游标电机，包括外转子、外转子永磁体、定子、定子永磁体、绕组、电机轴和轴承；外转子通过轴承与电机轴可转动连接，电机轴与定子固定连接；外转子永磁体嵌置在转子轭中；定子沿周向设有定子齿，定子齿的顶端两侧分别设有槽口，相邻的两个定子齿之间形成定子槽；绕组缠绕在定子齿上；定子永磁体的端面嵌置在相邻的两个定子齿的槽口中；定子永磁体与外转子永磁体均采用径向充磁，且定子永磁体与外转子永磁体的充磁方向相同；定子永磁体和定子齿分别与外转子之间留有间隙，外转子永磁体极对数 n_r 与绕组极对数 n_p 之和为定子齿的个数 n_s。该电机部件简化，结构紧凑，同时可以减少电机的漏磁，提高电机效率。



CN 102545514 A

1. 一种永磁直驱式游标电机，其特征在于，该电机包括外转子 (1)、外转子永磁体 (3)、定子 (4)、定子永磁体 (6)、绕组 (7)、电机轴 (8) 和轴承 (9)；外转子 (1) 位于定子(4)的外侧，外转子 (1) 通过轴承 (9) 与电机轴 (8) 可转动连接，电机轴 (8) 与定子(4)固定连接；外转子 (1) 的内表面沿周向设有转子轭 (2)，外转子永磁体 (3) 嵌置在转子轭 (2) 中；定子 (4) 沿周向设有径向延伸的具有相同长度的定子齿(5)，定子齿(5)的顶端两侧分别设有槽口，相邻的两个定子齿(5)之间形成定子槽(10)；绕组(7)缠绕在定子齿(5)上；定子永磁体 (6) 位于定子槽(10)中，并且定子永磁体 (6) 的端面嵌置在相邻的两个定子齿(5)的槽口中；定子永磁体(6)靠近外转子(1)的端面与定子齿(5)靠近外转子(1)的端面在同一环面上；定子永磁体 (6) 与外转子永磁体 (3) 均采用径向充磁，且定子永磁体 (6) 与外转子永磁体 (3) 的充磁方向相同；定子永磁体 (6) 和定子齿(5)分别与外转子 (1) 之间留有间隙，外转子永磁体 (3) 极对数 n_r 与绕组 (7) 极对数 n_p 之和为定子齿(5)的个数 n_s。

2. 根据权利要求 1 所述的永磁直驱式游标电机，其特征在于，所述的外转子永磁体 (3) 和定子永磁体(6)均为钕铁硼材料制成。

3. 根据权利要求 1 所述的永磁直驱式游标电机，其特征在于，所述的电机轴 (8) 和轴承 (9) 均为不导磁材料制成，外转子轭 (2) 和定子(4)均为硅钢片材料制成。

一种永磁直驱式游标电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种游标电机，具体来说，涉及一种永磁直驱式游标电机，该永磁直驱式游标电机尤其使用于低速大转矩的环境中。

背景技术

[0002] 工业生产中为避免机械齿轮传动系统噪声高、效率低、传输精度低、响应慢、机械磨损等问题，往往采用直驱式电机。但传统的直驱式电机为了获得低速大转矩的输出一般体积较为庞大、成本高。传统的直驱电机主要包括磁齿轮外转子、调磁环、磁齿轮内转子和电机定子，磁齿轮外转子和调磁环之间有一层气隙，调磁环与磁齿轮内转子之间有一层气隙，电机定子与磁齿轮内转子之间也有一层气隙，共有三层气隙。磁场调制式永磁电机是最近提出的一种直驱式电机，它主要由外转子，调磁环以及内定子组成，外转子与固定不动的调磁环之间构成一层气隙，调磁环与内定子之间又有另一层气隙。该类电机具有噪声低、免维修、转矩传输能力大、过载保护等优点。磁场调制式永磁电机的核心部分是磁齿轮调磁原理的应用，通过固定不动的调磁环来调节内外气隙磁场，实现高速电机的控制和低速直驱大转矩的输出。虽然比传统具有三层气隙的直驱式电机少了一层气隙，但是结构仍然较复杂，加工工艺难度较大。漏磁和铁芯损耗较大，功率密度有限。

发明内容

[0003] 技术问题：本发明所要解决的技术问题是：提供一种永磁直驱式游标电机，该电机部件简化，结构紧凑，同时可以减少电机的漏磁，提高电机效率。

[0004] 技术方案：为解决上述技术问题，本发明采用的永磁直驱式游标电机，该电机包括外转子、外转子永磁体、定子、定子永磁体、绕组、电机轴和轴承；外转子位于定子的外侧，外转子通过轴承与电机轴可转动连接，电机轴与定子固定连接；外转子的内表面沿周向设有转子轭，外转子永磁体嵌置在转子轭中；定子沿周向设有径向延伸的具有相同长度的定子齿，定子齿的顶端两侧分别设有槽口，相邻的两个定子齿之间形成定子槽，绕组缠绕在定子齿上；定子永磁体位于定子槽中，并且定子永磁体的端面嵌置在相邻的两个定子齿的槽口中；定子永磁体靠近外转子的端面与定子齿靠近外转子的端面在同一环面上；定子永磁体与外转子永磁体均采用径向充磁，且定子永磁体与外转子永磁体的充磁方向相同；定子永磁体和定子齿分别与外转子之间留有间隙，外转子永磁体极对数 n_r 与绕组极对数 n_p 之和为定子齿的个数 n_s。

[0005] 有益效果：与现有技术相比，本发明具有以下优点：

1. 部件简化，结构紧凑，提供运行的可靠性。而本发明提供的永磁直驱式游标电机包含外转子、外转子永磁体、定子、定子永磁体、绕组、电机轴和轴承，省去了机械变速齿轮箱。本发明的永磁直驱式游标电机通过定子齿代替了传统磁齿轮中的调磁环结构，同时省去了传统磁齿轮中的内转子。这些都简化了电机的结构，使得本发明的电机结构紧凑，减小了电机的体积、重量，降低了制造成本。由于没有设置机械变速齿轮箱，本发明提供的电机就不存

在齿轮箱的机械磨损、维护和噪音问题。由于省去了一个磁齿轮的内转子，本发明提供的电机可以减少振动和噪声。由于省去了独立的调磁环部件，提高了本发明提供的电机运行的可靠性。

[0006] 2. 减少电机的漏磁，提高电机效率。本发明的电机，在转子和定子上分别设置永磁体，可以增大气隙磁密，提高输出转矩，减少电机漏磁。同时转子永磁体之间通过外转子轭定位，通过转子的隔离，阻断了转子永磁体中涡流电流的相互流动，降低了转子永磁体中的涡流损耗。本发明的电机采用单气隙结构，即在定子和转子之间仅有一层气隙。这样，一方面，电机的制作加工工艺简单；另一方面，电机中有更多的磁力线通过气隙，因此气隙磁通密度的有效谐波成份值比普通磁场调制式永磁电机高，输出转矩增大，提高电机效率。本发明的电机中的转子采用高磁能积钕铁硼励磁，没有滑环和电刷，无需外加电源励磁，具有结构简单、体积小重量轻、功率密度高、效率高以及可靠性高优点。

[0007] 3. 可以在低速下提供较大的转矩，转矩脉动比小。由磁齿轮磁场调制原理可知，当外转子有一个小的位置的变化时，就能引起一个大的磁通的改变，从而能获得一个大的转矩。本发明的电机是基于磁齿轮磁场调制原理的，因此能在低速下提供较大的转矩。另外，定子和外转子中都有永磁体，与传统的三气隙或双气隙磁齿轮复合电机相比，本发明的电机能提供更大的有效磁场谐波输出成分和输出转矩，因此转矩脉动比会较小。定子齿数 n_s 等于外转子永磁体极对数 n_r 加电枢绕组极对数 n_p，定子磁场极对数与外转子永磁体极对数之比即为该电机可实现的速度变比。通过适当选择电机的外转子极对数和定子齿数，可应用于不同的需要低速直驱的场合。

附图说明

[0008] 图 1 为本发明的纵向剖面图。

[0009] 图 2 为本发明的外转子、定子和电机轴的组装结构示意图。

[0010] 图 3 为本发明的部分永磁体充磁方向示意图。

[0011] 图中有：外转子 1，外转子轭 2，外转子永磁体 3，定子 4，定子齿 5，定子永磁体 6，绕组 7，电机轴 8，轴承 9，定子槽 10。

具体实施方式

[0012] 下面结合附图，对本发明的技术方案进行详细的说明。

[0013] 如图 1 至图 3 所示，本发明的一种永磁直驱式游标电机，包括外转子 1、外转子永磁体 3、定子 4、定子永磁体 6、绕组 7、电机轴 8 和轴承 9。外转子 1 位于定子 4 的外侧。也就是说，定子 4 位于外转子 1 的内侧。外转子 1 通过轴承 9 与电机轴 8 可转动连接。轴承 9 固定在外转子 1 的内侧，电机轴 8 的两端分别位于一个轴承 9 中，外转子 1 可以围绕电机轴 8 转动。电机轴 8 与定子 4 固定连接。因为电机轴 8 与定子 4 固定连接，所以外转子 1 可围绕定子 4 转动。外转子 1 的内表面沿周向设有转子轭 2，外转子永磁体 3 嵌置在转子轭 2 中。外转子 1 与外转子永磁体 3 一起转动。定子 4 沿周向设有径向延伸的具有相同长度的定子齿 5。定子齿 5 的顶端两侧分别设有槽口。相邻的两个定子齿 5 之间形成定子槽 10。绕组 7 缠绕在定子齿 5 上。定子永磁体 6 位于定子槽 10 中，并且定子永磁体 6 的端面嵌置在相邻的两个定子齿 5 的槽口中。定子永磁体 6 靠近外转子 1 的端面与定子齿 5 靠近

外转子 1 的端面在同一环面上。定子永磁体 6 与外转子永磁体 3 均采用径向充磁，且定子永磁体 6 与外转子永磁体 3 的充磁方向相同。 定子永磁体 6 和定子齿 5 分别与外转子 1 之间留有间隙。这样，外转子 1 旋转时不会与定子永磁体 6 或定子齿 5 碰擦。外转子永磁体 3 极对数 n_r 与绕组 7 极对数 n_p 之和为定子齿 5 的个数 n_s。绕组 7 极对数 n_p 与外转子永磁体 3 极对数 n_r 之比，即为该永磁直驱式游标电机可以实现的速度变比。通过选择电机的外转子极对数和定子齿数，可应用于不同需要的低速直驱场合。

[0014] 本发明的电机充分利用磁场调制原理，通过选择定子齿 5 代替了传统磁齿轮中的调磁环结构，省去了传统磁齿轮中的内转子以及独立的调磁环结构，使得装置结构更为简单，简化了加工工艺，提高了装置的可靠性。此外在定子 4 上嵌入的定子永磁体 6，与外转子永磁体 3 相互作用，增大了气隙磁密，减少了漏磁，提高了输出转矩。这些特性使其在要求低速大转矩的领域中具有广阔的应用前景。

[0015] 本发明的基本原理为磁齿轮调磁环的空间磁场调制原理，利用空间谐波传递能量，该永磁直驱式游标电机既可以运行在电动状态，也可以运行在发电状态。

[0016] 当该电机运行在电动状态时，绕组 7 中通以一定频率的交流电，绕组 7 电流产生的绕组磁场角速度为 ω_1，经过定子齿 5 的调制作用，在定子齿 5 与外转子 1 之间的气隙中产生一个调制波磁场，其旋转角速度为 $-\omega_2$。该调制波磁场与外转子永磁体 3 相互作用，带动外转子 1 同步旋转。调制波磁场的旋转角速度为 $-\omega_2$，“-”表示调制波磁场与绕组磁场的旋转方向相反。通过改变通入绕组 7 的交流电的频率，可以实现绕组磁场的不同角速度 ω_1，进而得到不同的外转子 1 旋转角速度 $-\omega_2$，实现调速驱动。$\omega_1 : \omega_2$ 为速度变比，等于外转子永磁体 3 的个数 n_r 与定子绕组磁场绕组极对数 n_p 之比。因此，该装置可应用在需要低速大转矩的场合，满足在低速时对较大转矩输出的要求。

[0017] 当该电机运行在发电状态时，外转子 1 以角速度 $-\omega_3$ 旋转，经过定子齿 5 的调制作用，调制出匝链定子的磁场，其旋转磁场角速度为 ω_4。该磁场与电机定子绕组 7 产生相对运动，切割绕组 7 导线产生电能。$\omega_4 : \omega_3$ 为速度变比，等于外转子永磁体数 n_r 与定子电枢绕组磁场极对数 n_p 之比。通常情况下，外转子永磁体数 n_r 远大于定子磁场极对数 n_p，所以这可实现电机在低速条件下发电运行，故本电机也可应用在风力发电的场合。

[0018] 进一步，所述的外转子永磁体 3 和定子永磁体 6 均为钕铁硼材料制成。钕铁硼材料是目前磁性能最高的永磁材料，使用钕铁硼材料制成外转子永磁体 3 和定子永磁体 6，可以增加外转子永磁体 3 和定子永磁体 6 的磁性。所述的电机轴 8 和轴承 9 均为不导磁材料制成，外转子轭 2 和定子 4 均为硅钢片材料制成。

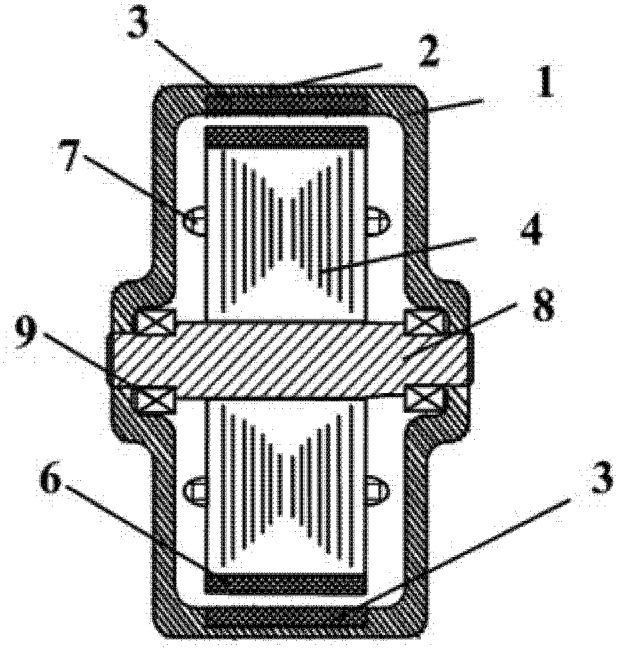


图 1

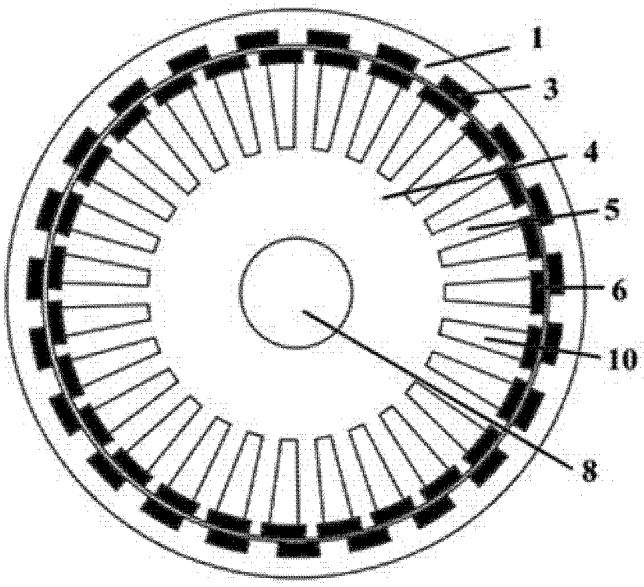


图 2

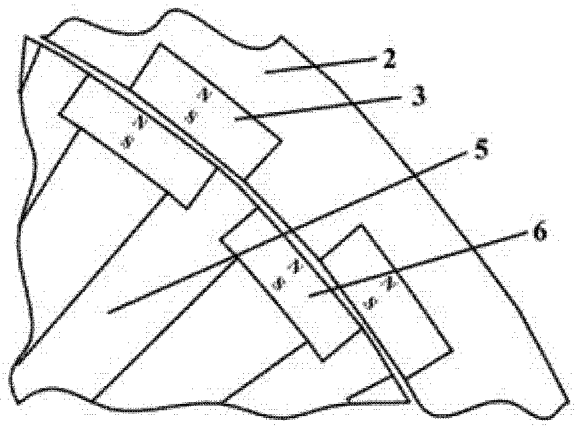


图 3