(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201956858 U
(45)授权公告日 2011.08.31

(21)申请号 201120003035.2

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(22)申请日 2011.01.07

(73)专利权人 东南大学
地址 211109 江苏省南京市江宁开发区东南大学路 2 号

(72)发明人 樊英 金小香 江和和

(74)专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任公司 32112
代理人 王清义

(51)Int.Cl.
H02K 21/22(2006.01)
H02K 21/02(2006.01)
H02K 1/27(2006.01)

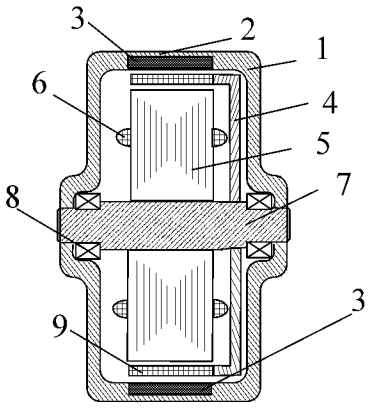
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54)实用新型名称

一种磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机

(57)摘要

本实用新型涉及一种新型磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机，它通过电机中调磁环的调磁作用，解决了传统电机低速运行体积大、系统复杂的问题，同时外转子采用了 Halbach 永磁阵列，它能提供更大的有效磁场谐波成份和输出转矩，减少外转子磁轭的磁通密度，降低铁心损耗。其电机轴固定电机定子和调磁环，外转子与电机轴转动连接，永磁体沿圆周方向均匀嵌放在外转子轭上，调磁环的导磁块沿圆周方向均匀分布，永磁体极对数 n_r 与电枢绕组极对数 n_p 之和为调磁环中导磁块个数 n_s，定子磁场极对数与永磁体极对数之比即为该装置可实现的速度变比。通过适当选择电机的外转子极对数和调磁环中导磁块个数，可应用于不同需要的低速直驱场合。



CN 201956858 U

1. 一种磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机，其特征在于：它包括外转子 (1)、外转子轭 (2)、永磁体 (3)、调磁环 (4)、与外转子 (1) 同心的定子 (5)、电枢绕组 (6)、电机轴 (7)；外转子 (1) 与电机轴 (7) 转动连接，电机轴 (7) 上固定电机定子 (5) 和调磁环 (4)；调磁环 (4) 位于外转子轭 (2) 与定子 (5) 之间；永磁体 (3) 沿圆周方向均匀嵌放在外转子轭 (2) 上；电枢绕组 (6) 设置在定子 (5) 上的定子槽内；调磁环的导磁块 (9) 沿圆周方向均匀分布；永磁体极对数 n_r 与电枢绕组极对数 n_p 之和为调磁环中导磁块个数 n_s。

2. 如权利要求 1 所述的永磁直驱式电机，其特征在于：永磁体 (3) 与调磁环 (4) 之间有气隙，调磁环 (4) 与定子 (5) 之间有气隙。

3. 如权利要求 1 所述的永磁直驱式电机，其特征在于：调磁环 (4) 是由导磁块与非导磁材料间隔排列组成，其中导磁块材料为铁氧体，非导磁材料为铝。

4. 如权利要求 1 所述的永磁直驱式电机，其特征在于：永磁体 (3) 材料为钕铁硼，每块永磁体分成三份，每份充磁方向不同。

5. 如权利要求 1 所述的永磁直驱式电机，其特征在于：电机轴 (7) 和轴承 (8) 的材料为铝。

6. 如权利要求 1 所述的永磁直驱式电机，其特征在于：外转子轭 (2) 材料为硅钢片。

一种磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机装置，属于新型特种电机技术领域。

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转速低、体积庞大、成本高。磁场调制式永磁电机是一种最近提出的的直驱式电机，它通过电机中间调磁环的磁场调制作用实现高速电机的控制和低速直驱大转矩的输出，由于高漏磁和铁芯损耗，它的功率密度是有限的。Halbach 阵列是一种新型永磁体排列方式，它将不同磁化方向的永磁体按照一定的顺序排列，使得阵列中一边磁场显著增强而另一边显著减弱，且易于得到正弦分布的磁场，这些特性使其在永磁电机领域中具有广阔的应用前景。因此，有必要提出一种新型磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机装置。

实用新型内容

[0003] 本实用新型针对原有磁场调制式电机漏磁及轭部磁密大的问题，提供了一种采用 Halbach 阵列，以提供更大的有效磁场谐波成份和输出转矩，同时减少外转子磁轭的磁通密度，降低铁芯损耗的磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机。

[0004] 本实用新型的磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机，包括外转子 1、外转子轭 2、永磁体 3、调磁环 4、与外转子 1 同心的定子 5、电枢绕组 6、电机轴 7；外转子 1 与电机轴 7 转动连接，电机轴 7 上固定电机定子 5 和调磁环 4；调磁环 4 位于外转子轭 2 与定子 5 之间；永磁体 3 沿圆周方向均匀嵌放在外转子轭 2 上；电枢绕组 6 设置在定子 5 上的定子槽内；调磁环的导磁块 9 沿圆周方向均匀分布；永磁体极对数 n_r 与电枢绕组极对数 n_p 之和为调磁环中导磁块个数 n_s。

[0005] 上述的永磁直驱式电机，永磁体 3 与调磁环 4 之间有气隙，调磁环 4 与定子 5 之间有气隙，将传统磁齿轮的高速侧外转子用定子来替代。

[0006] 上述的永磁直驱式电机，调磁环 4 是由导磁块与非导磁材料间隔排列组成，其中导磁块材料为铁氧体，非导磁材料为铝。

[0007] 上述的永磁直驱式电机，永磁体 3 材料为钕铁硼，每块永磁体分成三份，每份充磁方向不同。永磁体每个极被分成三份，宽度和充磁方向均可调节，以达到最大的功率输出。

[0008] 上述的永磁直驱式电机，电机轴 7 和轴承 8 的材料为铝。

[0009] 上述的永磁直驱式电机，外转子轭 2 材料为硅钢片。

[0010] 本实用新型的有益效果：本实用新型是基于磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机。它通过电机中调磁环的调磁作用，解决了传统电机低速运行体积大、系统复杂的缺点，同时外转子采用了 Halbach 永磁阵列，能减少外转子磁轭的磁通密度，降低铁芯损耗。定子 5 采用传统外转子永磁无刷直流电机定子结构。调磁环 4 置于外转子 1 和定子 5 之间且固

定于电机轴 7 上，起调节磁场的作用，调磁环中导磁块个数 n_s 等于永磁体极对数 n_r 加电枢绕组极对数 n_p，定子磁场极对数与永磁体极对数之比即为该复合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调磁环中导磁块个数，可应用于不同的需要低速直驱的场合。

[0011] 当定子电枢绕组通以一定频率的交流电时，电枢绕组电流产生的旋转磁场角速度为 ω_1，通过导磁块的磁场调制作用，在靠近外转子一侧的气隙中产生一个调制波磁场，其旋转角速度为 $-\omega_2$，该磁场与外转子上的永磁体相互作用，带动外转子旋转，通过改变通入电枢绕组电流的频率从而实现不同的角速度 ω_1，进而得到不同的外转子旋转速度 $-\omega_2$，实现调速驱动。ω_1 ： ω_2 为速度变比，等于外转子永磁体数与内定子电枢绕组产生的磁场极对数之比。

[0012] 该装置的永磁体采用 Halbach 阵列，利用有限元可以优化调整永磁体宽度比以及充磁方向，与径向充磁普通磁场调制式永磁电机相比，它能提供更大的有效磁场谐波成份和输出转矩，降低外转子磁轭的磁通密度及铁芯损耗。

[0013] 另外，本实用新型：

[0014] (1) 省去了机械变速齿轮箱，不存在齿轮箱的机械磨损、维护和噪音问题，提高了装置可靠性。同时提高了电机转速，减小电机的体积，重量和制造成本。

[0015] (2) 电机中有更多的磁力线通过气隙，因此内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。

[0016] (3) 外转子磁轭磁通密度可以大量减少，这将减少外转子磁轭铁芯损耗，缩小外转子轭部大小，节省材料。

[0017] (4) 外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、效率高以及可靠性好等优点。

附图说明

[0018] 图 1 为本实用新型结构剖面示意图。

[0019] 图 2 为本实用新型电机三维示意图。

[0020] 图 3 为本实用新型外转子局部永磁体充磁方向示意图。

[0021] 图中，外转子 1、外转子轭 2、永磁体 3、调磁环 4、定子 5、电枢绕组 6、电机轴 7、轴承 8、导磁块 9、定子槽 10、调磁环的非导磁块 11。

具体实施方式

[0022] 下面是本实用新型的具体实施，用来进一步描述：

[0023] 本实用新型是一种新型磁场调制式 Halbach 永磁直驱式电机装置，它包括外转子 (1)、外转子轭 (2)、永磁体 (3)、调磁环 (4)、定子 (5)、电枢绕组 (6)、电机轴 (7)、轴承 (8)；电机的外转子 (1) 通过轴承 (8) 与电机轴 (7) 转动连接，永磁体 (3) 沿圆周方向均匀嵌放在外转子轭 (2) 上。定子 (5) 采用传统外转子永磁无刷直流电机定子结构，调磁环的导磁块 (9) 沿圆周方向均匀分布。电机轴 (7) 用来固定电机定子 (5) 和静止的调磁环 (4)，同时与外转子 (1) 通过轴承 (8) 连接。调磁环 (4) 置于外转子 (1) 和定子 (5) 之间且固定于电机轴 (7) 上，起调节磁场的作用，调磁环中导磁块个数 n_s 等于永磁体极对数 n_r 加电枢绕组

极对数 n_p，定子磁场极对数与永磁体极对数之比即为该复合电机可实现的速度变比。

[0024] 本实用新型的基本原理为传统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，既可以运行在电动状态，也可以运行在发电状态。

[0025] 当该装置运行在电动状态时，内定子线圈中通以一定频率的交流电，电枢绕组电流产生的旋转磁场角速度为 ω_1，经过静止调磁环的调制作用，在靠近外转子一侧的气隙中产生一个调制波磁场，其旋转角速度为 $-\omega_2$，该磁场与外转子处的永磁体相互作用，带动外转子旋转，通过改变电枢电流的频率从而实现不同的角速度 ω_1，进而得到不同的外转子旋转速度 $-\omega_2$，实现调速驱动。ω_1 ： ω_2 为速度变比，等于外转子永磁体数 n_r 与内定子磁场极对数 n_p 之比。因此，该装置可应用在直接驱动电动汽车轮毂电机中，满足在低速时对较大转矩的要求，同时可以实现电动轮的电气制动、机电复合制动和制动能量回馈，节约能源。

[0026] 当该装置运行在发电状态时，永磁低速外转子以角速度 $-\omega_2$ 旋转，经过静止调磁环导磁块的调制作用，调制出匝链定子的磁场，其旋转磁场角速度为 ω_1，该磁场与电机定子电枢绕组产生相对运动，切割电枢绕组导线产生电能。ω_1 ： ω_2 为速度变比，等于外转子永磁体数 n_r 与内定子的磁场极对数 n_p 之比。通常情况下，外转子永磁体数 n_r 是远大于定子磁场极对数 n_p 的，所以这可实现电机在低速条件下发电运行，故本装置也可应用在风力发电的场合。

[0027] 图 3 是外转子局部永磁体充磁方向示意图，Halbach 列中一个永磁体可以被分成三部分，并以不同方向被磁化，中间部分采取径向充磁，其余两部分可以运用软件优化调节充磁方向。另外可以通过优化 Halbach 列的宽度以便获得最大的输出转矩。

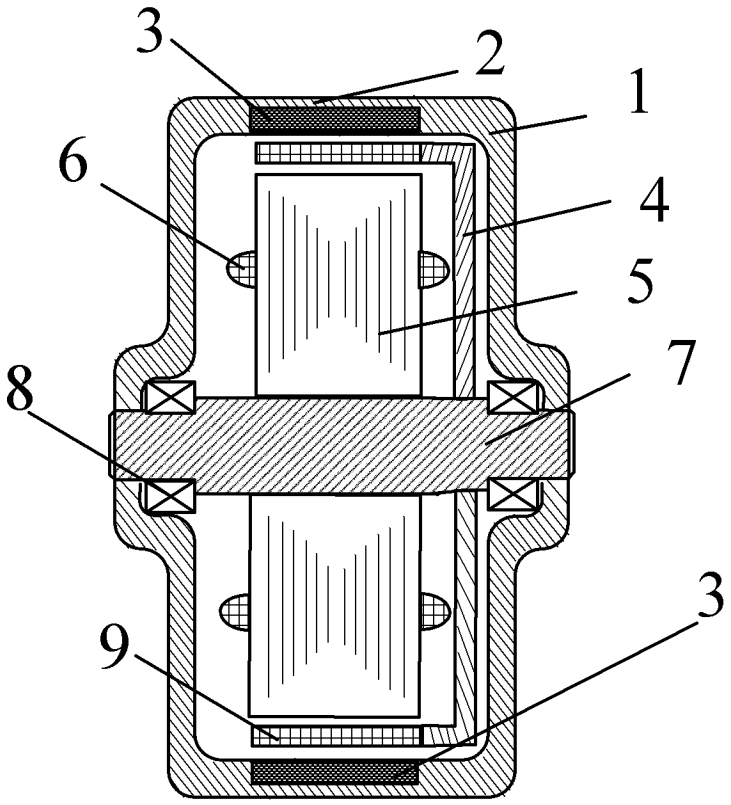


图 1

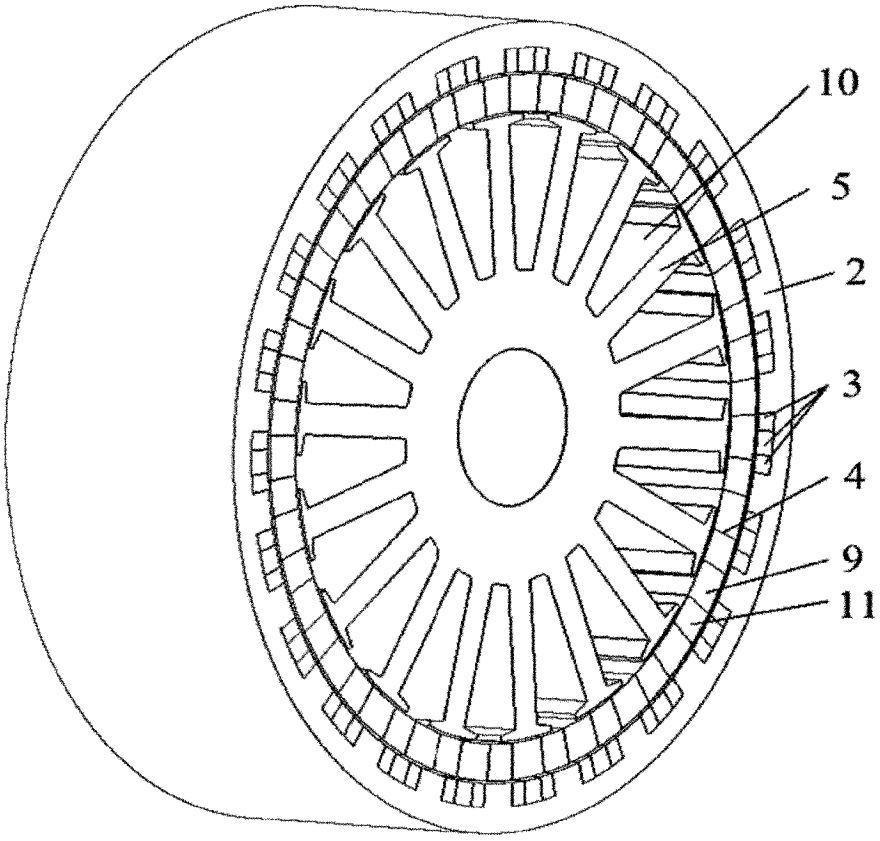


图 2

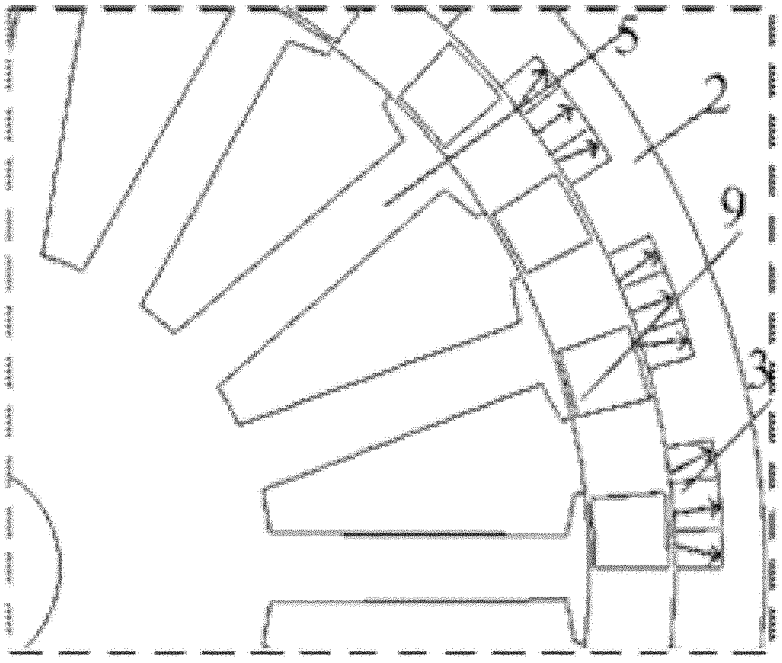


图 3