



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114172335 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(21) 申请号 202111439514.3

H02K 1/2746 (2022.01)

(22) 申请日 2021.11.30

H02K 1/02 (2006.01)

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号

(72) 发明人 魏亮亮 刘东青 谭晓军 冯国栋 王本斐 彭卫文

(74) 专利代理机构 深圳市创富知识产权代理有限公司 44367

代理人 高冰

(51) Int. Cl.

H02K 16/04 (2006.01)

H02K 1/17 (2006.01)

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 1/27 (2022.01)

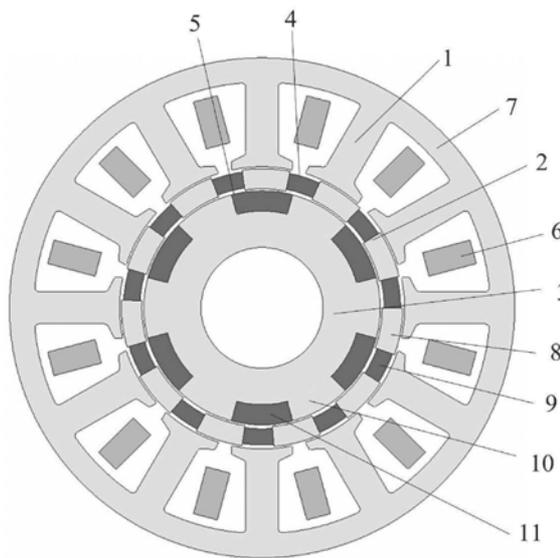
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机

(57) 摘要

本发明公开了一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,主要包括外定子、外定子电枢绕组,中间转子调制环,转子永磁,内定子和内定子永磁体等。本电机采用定子分区结构将电枢绕组和定子永磁体分别布置在外定子和内定子,有效解决空间冲突问题,提高电机转矩密度;本发明采用直流偏置电流可以实现交直流绕组的复用,提高电机的转矩密度和效率;本发明采用定子永磁、转子永磁和直流偏置电流的混合励磁结构可以有效提高电机的磁场调节能力和转矩密度,具有较好的应用前景。



1. 一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:包括外定子(1),转子(2),内定子(3),外定子(1)、转子(2)以及转子(2)、内定子(3)之间分别具有外气隙(4)和内气隙(5);其中外定子(1)包含电枢绕组(6)和外定子铁心(7),转子(2)包括转子调制铁块(8)和转子永磁体(9),内定子(3)包含内定子铁心(10)和内定子永磁体(11);所述电枢绕组(6)通入的电流由三相对称的交流分量和方向相同的直流分量复合而成。

2. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述转子调制铁块(8)与转子永磁体(9)相邻且个数相同,所述转子永磁体(9)为同一极性的永磁体。

3. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述内定子铁心(10)为凸极性铁心,所述内定子铁心(10)上开有定子铁槽,所述定子铁槽中插入内定子永磁体(11);所述内定子永磁体(11)为同一极性的永磁体。

4. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述电枢绕组(6)采用基于单层绕组的非重叠集中绕组,所述电枢绕组(6)为三相对称交流和直流的共用绕组,所述电枢绕组(6)的极对数与转子永磁体(9)和内定子永磁体(11)的极对数相同。

5. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述转子永磁体(9)与内定子永磁体(11)极性相同。

6. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述电枢绕组(6)通入的电流为三相对称的交流分量和直流分量复合而成,最后经过三相绕组中性点的中性线形成回路,其三相绕组和中性线的电流表达式为:

$$\begin{cases} i_A = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e) + I_{dc} \\ i_B = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e - 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_C = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e + 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_0 = 3I_{dc} \end{cases}$$

其中 I_{ac} 为交流分量的有效值, I_{dc} 为直流分量幅值, θ_e 为转子电角度。

7. 如权利要求1所述的一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,其特征在於:所述电枢绕组(6)极对数 P_s 、转子永磁体(9)极对数 P_r 和内定子永磁体(11)极对数 P_{is} 应满足如下关系: $P_r - P_{is} = P_s$ 。

一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电机技术领域,尤其涉及一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机。

背景技术

[0002] 在新能源汽车、风力发电和伺服驱动领域,迫切需要驱动系统具有低速大转矩和较宽的调速范围。因此发展高转矩密度和较宽调速范围能力的电机具有重要的意义。

[0003] 永磁游标电机基于磁场调制的原理,具有低速大转矩的固有特性,成为目前最有应用前景的高转矩密度电机之一。但传统永磁游标电机由于永磁体磁场固定,难以调节,影响了电机的调速范围。

[0004] 采用直流绕组和永磁体混合励磁的永磁游标电机可以有效提高电机的调速范围,但需要附加直流绕组,影响了电机的效率和成本。中国专利号CN110880821提出了一种基于直流偏置电流的混合励磁永磁游标电机,利用电枢绕组实现交直流的复用,从而提高了电机的效率,但由于只有转子永磁体,转矩密度偏低。为了提高电机的转矩密度,中国专利号CN109378918提出了一种基于直流偏置电流的定转子双永磁游标电机,提高了电机的转矩密度。但定子永磁体和定子电枢绕组存在空间冲突,影响了电机的转矩密度和效率。

发明内容

[0005] 有鉴于现有技术的上述缺陷,本发明所要解决的技术问题是提供一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机。该电机采用定子分区的结构,实现电枢绕组和内定子永磁体的合理分配,提高了电机的空间利用率,从而提高了电机的转矩密度和效率。同时采用转子永磁体、内定子永磁体和直流分量的混合励磁结构可以有效增强电机的转矩密度和磁场调节能力,即有效提高电机的宽调速范围。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,包括外定子,转子,内定子,外定子、转子以及转子、内定子之间分别具有外气隙和内气隙;其中外定子包含电枢绕组和外定子铁心,转子包括转子调制铁块和转子永磁体,内定子包含内定子铁心和内定子永磁体;所述电枢绕组通入的电流由三相对称的交流分量和方向相同的直流分量复合而成。

[0007] 进一步的,所述转子调制铁块与转子永磁体相邻且个数相同,所述转子永磁体为同一极性的永磁体。

[0008] 进一步的,所述内定子铁心为凸极性铁心,所述内定子铁心上开有定子铁槽,所述定子铁槽中插入内定子永磁体;所述内定子永磁体为同一极性的永磁体。

[0009] 进一步的,所述电枢绕组采用基于单层绕组的非重叠集中绕组,所述电枢绕组为三相对称交流和直流的共用绕组,所述电枢绕组的极对数与转子永磁体和内定子永磁体的极对数相同。

[0010] 进一步的,所述转子永磁体与内定子永磁体极性相同。

[0011] 进一步的,所述电枢绕组通入的电流为三相对称的交流分量和直流分量复合而成,最后经过三相绕组中性点的中性线形成回路,其三相绕组和中性线的电流表达式为:

$$[0012] \begin{cases} i_A = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e) + I_{dc} \\ i_B = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e - 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_C = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e + 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_0 = 3I_{dc} \end{cases}$$

[0013] 其中 I_{ac} 为交流分量的有效值, I_{dc} 为直流分量幅值, θ_e 为转子电角度。

[0014] 进一步的,所述电枢绕组极对数 P_s 、转子永磁体极对数 P_r 和内定子永磁体极对数 P_{is} 应满足如下关系: $P_r - P_{is} = P_s$ 。

[0015] 本发明的有益效果是:

[0016] 本发明采用定子分区结构,使得永磁体和电枢绕组在空间上能够合理分配,消除电枢绕组和永磁体在空间安装上的冲突,有效提高电机的转矩密度和效率。采用直流偏置型绕组结构,实现交流电枢绕组和直流绕组的复用,可有效减小电机的体积和成本。同时通过调节直流偏置电流,可以灵活调节电机的电负荷和磁负荷的分配,提高电机的转矩密度、功率因数和效率。同时,采用内定子永磁体、转子永磁体和直流分量的多励磁源混合励磁结构,可有效提高并灵活调节电机的气隙磁场,从而有效提高电机的转矩密度和磁场调节能力,拓展电机的调速范围。

[0017] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果作进一步说明,以充分地了解本发明的目的、特征和效果。

附图说明

[0018] 图1是本发明一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机的结构示意图;

[0019] 图2是本发明提出电机的外定子平面示意图;

[0020] 图3是本发明提出电机的中间转子平面示意图;

[0021] 图4是本发明提出电机的内定子平面示意图;

[0022] 图5是本发明提出的电机等效为3个子电机的结构示意图;

[0023] 其中,1.外定子,2.中间转子,3.内定子,4.外气隙,5.内气隙,6.电枢绕组,7.外定子铁心,8.转子调制导磁块,9.转子永磁体,10.内定子铁心,11.内定子永磁体。

具体实施方式

[0024] 如图1所示,一种定子分区混合励磁定转子双永磁游标电机,包括外定子1,转子2,外定子1,中间转子2和内定子3同轴同心放置。内定子3,外定子1、转子2以及转子2、内定子3之间分别具有外气隙4和内气隙5,具体为外定子1内表面和转子2外表面之间为外气隙4,转子2内表面和内定子3外表面之间为内气隙5;其中:

[0025] 外定子1包含电枢绕组6和外定子铁心7;

[0026] 转子2包括转子调制铁块8和转子永磁体9,转子调制铁块8与转子永磁体9相邻且个数相同,转子永磁体9为同一极性的永磁体。

[0027] 内定子3包含内定子铁心10和内定子永磁体11,内定子铁心10为凸极性铁心,内定

子铁心10上开有定子铁槽,定子铁槽中插入内定子永磁体11;内定子永磁体11为同一极性的永磁体。

[0028] 电枢绕组6通入的电流由三相对称的交流分量和方向相同的直流分量复合而成。电枢绕组6采用基于单层绕组的非重叠集中绕组,电枢绕组6为三相对称交流和直流的共用绕组,电枢绕组6的极对数与转子永磁体9和内定子永磁体11的极对数相同,另外,转子永磁体9与内定子永磁体11极性相同。

[0029] 参见图1,本发明具有两个定子和一个中间转子,其中定子采用定子分区结构,分为外定子1和内定子2。外定子1齿上绕制有单层的电枢绕组6,电枢绕组6为含中性点星型连接的三相集中绕组。内定子3开有内定子槽,槽中放置有同一极性的内定子永磁体11,同时内定子齿与外定子齿的中心线在径向上对齐。中间转子的调制导磁块和转子永磁体交替均匀放置,其内径和外径分别相同,同时导磁块和转子永磁体紧密贴合在一起。另外,转子永磁体为同一极性的永磁体。

[0030] 参见图2,外定子1由电枢绕组6和外定子铁心7组成。其中外定子铁心7包含12个定子槽和12个定子齿。电枢绕组6为极对数为5的三相对称绕组,包含6个线圈,绕制在6个定子齿上,每相有2个线圈串联,其连接方式为含中性线的星型连接。同时,电枢绕组6也为直流偏置绕组,包含6个线圈,从而形成极对数为6的直流励磁磁场。

[0031] 参见图3,中间转子2由11个转子调制导磁块8和11个同一极性的永磁体9组成。导磁块和永磁体沿圆周方向交替分布,同时内径和外径相同。11个同一极性的转子永磁体9形成极对数为11的永磁体磁场。导磁块由硅钢片组成,永磁体由铝铁硼永磁体组成。

[0032] 参见图4,内定子3由内定子铁心10和内定子永磁体11组成。其中内定子铁心10包含6个内定子齿和内定子槽,内定子齿分别和其中6个外定子齿在径向上对齐。内定子永磁体为同一极性永磁体,形成极对数为6的永磁磁场。内定子铁心由硅钢片组成,永磁体由铝铁硼永磁体组成。

[0033] 参见图2,电枢绕组6中流入的电流为三相对称交流分量和同方向的直流偏置电流分量复合而成。最后三相绕组中的直流偏置电流经中性点的中性线形成回路。其表达式如下所示:

$$[0034] \quad \begin{cases} i_A = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e) + I_{dc} \\ i_B = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e - 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_C = \sqrt{2}I_{ac} \sin(\theta_e + 2\pi/3) + I_{dc} \\ i_0 = 3I_{dc} \end{cases}$$

[0035] 其中 I_{ac} 为交流分量的有效值, I_{dc} 为直流分量幅值, θ_e 为转子电角度。

[0036] 所产生的直流偏置电流形成极对数为6的直流磁场。

[0037] 本发明提出的电机的工作原理是以磁场调制效应为基础。因此电枢绕组极对数 p_s (5),转子导磁块或转子永磁体极对数 p_r (11)以及内定子永磁体极对数 p_{is} (6)应满足如下关系: $p_r - p_{is} = p_s$ 。

[0038] 参见图5,本发明提出的电机可等效为3个子电机的有机结合体,分别为定子永磁游标电机1、转子永磁游标电机2和直流偏置型游标电机3。定子永磁游标电机1的励磁源为内定子永磁体11,内定子永磁体11产生6对极励磁磁动势,经过11个转子导磁块的磁场调

制,形成与电枢绕组极对数相同的5对极气隙磁场,从而产生稳定的输出转矩;转子永磁游标电机2的励磁源为转子永磁体9,转子永磁体9产生11对极励磁磁动势,经过6个内定子齿的磁场调制,形成与电枢绕组极对数相同的5对极气隙磁场,从而产生稳定的输出转矩;直流偏置型游标电机3的励磁源为直流偏置电流分量,直流偏置电流产生6对极的直流励磁磁动势,经过11个转子导磁块的磁场调制,形成与电枢绕组极对数相同的5对极气隙磁场,从而产生稳定的输出转矩。因此,所提电机的电磁转矩为三个子电机输出电磁转矩的非线性叠加,从而可有效提升电机的转矩密度。同时,通过改变直流偏置型游标电机3的直流偏置电流分量,可有效改变直流偏置型游标电机3的输出电磁转矩,因此本发明可有效提高电机的磁场调节能力,拓宽电机的调速范围。

[0039] 由于本发明的三相电枢绕组为含中性点的星型连接,因此本发明的控制电路可采用带中性点的三相四线制逆变电路,并采用 $I_d=0$ 进行控制。

[0040] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

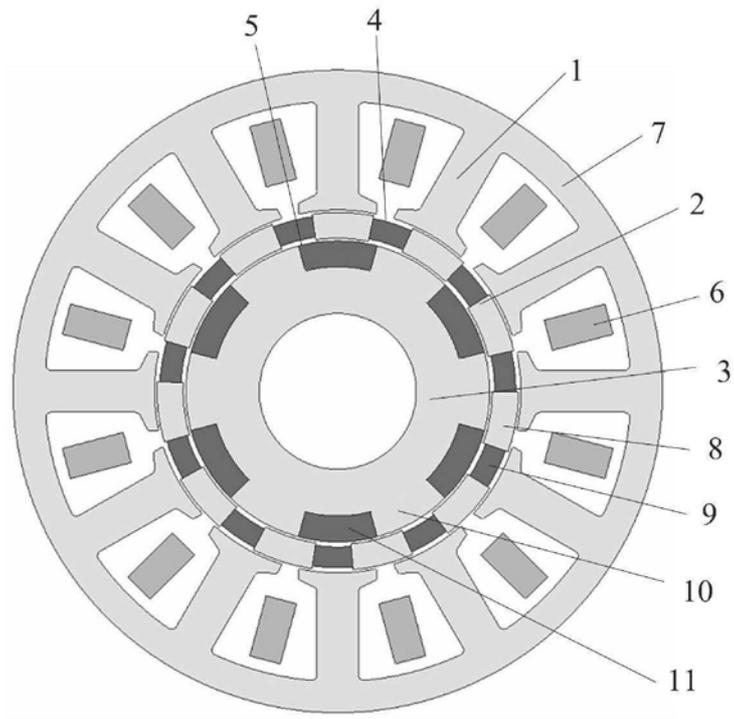


图1

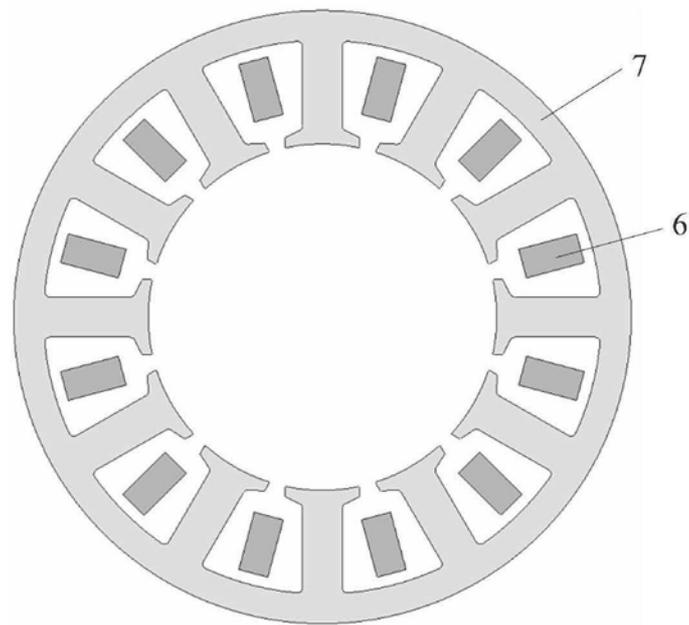


图2

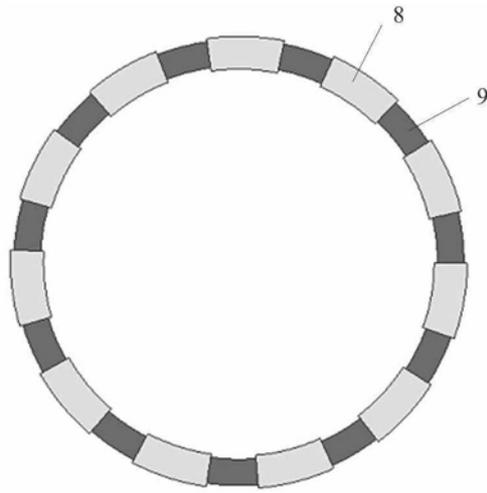


图3

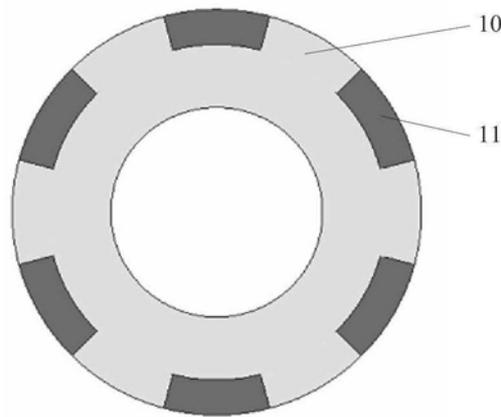


图4

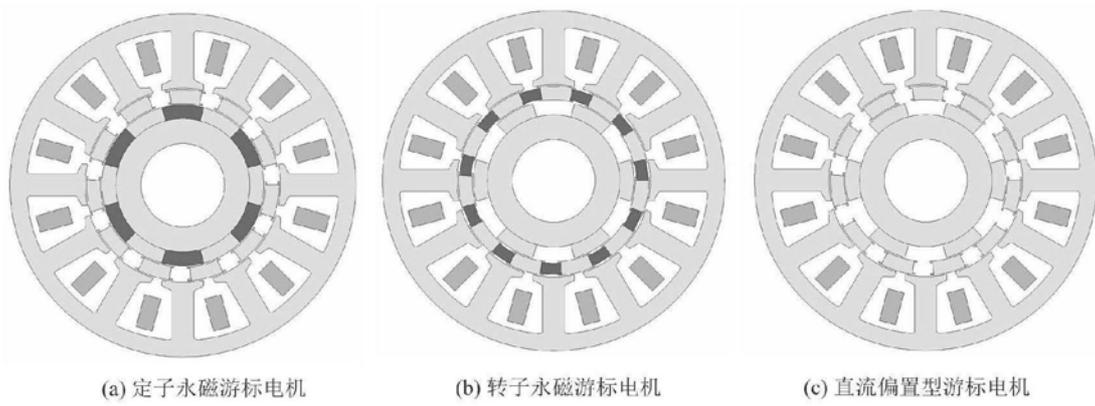


图5