



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106026578 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(21)申请号 201610603030.0

(22)申请日 2016.07.27

(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 程明 朱新凯 韩鹏

(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 16/04(2006.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/16(2006.01)

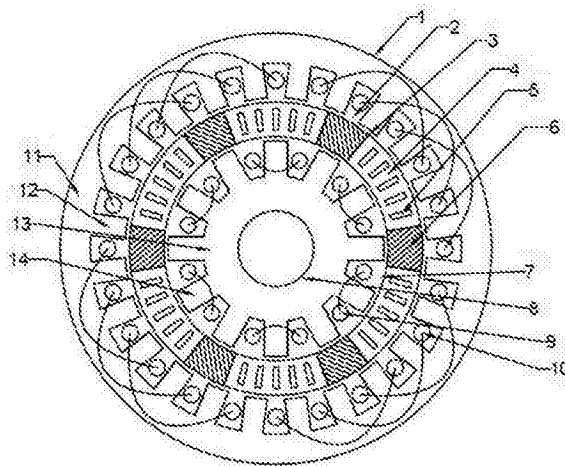
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## (54)发明名称

磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机

## (57)摘要

本发明是一种磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机,该电机包括两个定子和一个磁阻转子,三者由内向外同心排列;由外向内依次为外定子(1)、转子(3)、内定子(8),外定子与转子之间有外气隙(2),内定子与转子之间有内气隙(7);所述外定子(1)包括外定子轭(11)、设置在外定子轭(11)内侧的外定子齿(12)和功率绕组(10);所述内定子(8)包括内定子轭(13)、内定子齿(14)和控制绕组(9);所述转子(3)包括沿圆周均匀分布的导磁铁心块(4)和非导磁材料块(6);导磁铁心块(4)内部含有隔磁槽(5);所述外定子齿(12)间的空隙形成外定子槽,槽内嵌入功率绕组(10),所述内定子齿(14)间的空隙形成内定子槽,槽内嵌入控制绕组(9)。



1. 一种磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,该电机包括两个定子和一个磁阻转子,三者由内向外同心排列;由外向内依次为外定子(1)、转子(3)、内定子(8),外定子与转子之间有外气隙(2),内定子与转子之间有内气隙(7);所述外定子(1)包括外定子轭(11)、设置在外定子轭(11)内侧的外定子齿(12)和功率绕组(10);所述内定子(8)包括内定子轭(13)、内定子齿(14)和控制绕组(9);所述转子(3)包括沿圆周均匀分布的导磁铁心块(4)和非导磁材料块(6);导磁铁心块(4)内部含有隔磁槽(5);所述外定子齿(12)间的空隙形成外定子槽,槽内嵌入功率绕组(10),所述内定子齿(14)间的空隙形成内定子槽,槽内嵌入控制绕组(9);

所述功率绕组(10)的极对数为 $p_{sw}$ ,转子导磁铁心块(4)的个数为 $n_r$ ,控制绕组(9)的极对数为 $p_{sc}$ ,三者满足关系: $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ 。

2. 如权利要求1所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述的功率绕组和控制绕组所在的位置可以互换。

3. 如权利要求1或2所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述的功率绕组和控制绕组均可为分布式绕组或集中式绕组。

4. 如权利要求1所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述转子的导磁铁心块(4)由硅钢片轴向叠压而成,或径向叠压而成。

5. 如权利要求1所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述定子和转子均可做成分块组装式。

6. 如权利要求1所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述电机可做成单相、三相或多相。

7. 如权利要求1所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述转子的导磁铁心块中含有隔磁槽,隔磁槽的主要作用是解决所述导磁铁心块中的局部饱和问题,减少损耗。

8. 如权利要求1或7所述的磁阻场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述隔磁槽不与所述外气隙(2)和内气隙(7)连通。

9. 如权利要求1所述的磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机,其特征在于,所述的外定子和内定子均可为凸极结构或隐极结构。

## 磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机技术领域,特别涉及一种双定子、磁阻调制式无刷双馈电机。该电机是一种通用电机,既可用作变频调速电动机,也可用作变速恒频发电机。无刷可靠,控制功率小,可实现较小功率变频器驱动大功率电机。转子无绕组无永磁体,结构简单,机械强度高。

### 背景技术

[0002] 化石能源短缺、环境污染等一系列社会问题的加剧,使发展可持续清洁能源成为必然趋势。风力发电是清洁能源发电的一种典型形式,在目前新能源发电市场中占比最高。随着风力发电的发展,对风力发电机系统的体积、重量、效率等技术指标提出了更高的要求,为提高发电效率,降低单位容量的发电成本,单机容量越来越大,5MW风力发电机组已入运行,10MW或更大容量的风机正在研制。当前,广泛应用的有三类风力发电机组,分别为鼠笼型异步风力发电机组、双馈异步风力发电机组和永磁直驱风力发电机组。永磁直驱机组发展迅速,市场潜力巨大,但其重量和体积庞大,安装维修困难,不利于在海上风电中应用。

[0003] 随着电机理论研究的深入,发展出了一种磁场调制式无刷双馈电机,其源于不同极数的绕线异步电机的串级调速。该电机共用的定子铁心上同时嵌入两套不同极数的定子绕组,两套绕组之间的耦合是靠特殊的同心式笼型转子或磁阻转子实现的。与常规电机相比,该电机两套绕组间的耦合差,内部磁场谐波含量丰富,附加损耗较大,因此电机的功率密度和力能指标较低,限制了其推广应用。为克服上述缺点,各专家学者在转子结构的改进设计上做了大量工作,取得了一定的研究成果。但两套绕组共用一个定子铁心,增大了绝缘设计难度,而且易引起电机饱和,增加电机设计和制造的难度,不利于推广。

[0004] 为充分利用电机内部空间,后发展出了一种双定子绕线式转子无刷双馈电机,模拟异步电机的串级调速。该电机有内外两个定子,定子之间安放转子,三者同轴心且相互独立,两套不同极数的定子绕组分别放置在内外定子上,转子两侧开槽放置绕组,转子两侧的绕组均一端短接,另一端同相序或反相序连接。该结构电机也可设计成轴向盘式电机。该结构一定程度上提高了电机的功率密度,但绕线式转子结构复杂,设计加工困难,转子中间需放置隔磁环,阻止转子两侧绕组间磁场的耦合,导致电机的体积偏大。因此,在此基础上研制高功率密度、高效率、结构简单可靠的新型无刷双馈电机具有一定实用价值。

### 发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是提供一种磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机,其具有磁阻式转子,转子上无绕组,结构简单可靠,有效的解决前述的技术问题。

[0006] 技术方案:本发明的一种磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机包括两个定子和一个磁阻转子,三者由内向外同心排列;由外向内依次为外定子、转子、内定子,外定子与转子之间有外气隙,内定子与转子之间有内气隙;所述外定子包括外定子轭、设置在外定子轭内侧的外定子齿和功率绕组;所述内定子包括内定子轭、内定子齿和控制绕组;所述转子包括

沿圆周均匀分布的导磁铁心块和非导磁材料块；导磁铁心块内部含有隔磁槽；所述外定子齿间的空隙形成外定子槽，槽内嵌入功率绕组，所述内定子齿间的空隙形成内定子槽，槽内嵌入控制绕组；

[0007] 所述功率绕组的极对数为 $p_{sw}$ ，转子导磁铁心块的个数为 $n_r$ ，控制绕组的极对数为 $p_{sc}$ ，三者满足关系： $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ 。

[0008] 所述的功率绕组和控制绕组所在的位置可以互换。

[0009] 所述的功率绕组和控制绕组均可为分布式绕组或集中式绕组。

[0010] 所述转子的导磁铁心块由硅钢片轴向叠压而成，或径向叠压而成。

[0011] 所述定子和转子均可做成分块组装式。

[0012] 所述电机可做成单相、三相或多相。

[0013] 所述转子的导磁铁心块中含有隔磁槽，隔磁槽的主要作用是解决所述导磁铁心块中的局部饱和问题，减少损耗。

[0014] 所述隔磁槽不与所述外气隙和内气隙连通；

[0015] 所述的外定子和内定子均可凸极结构或隐极结构。

[0016] 有益效果：与现有同类电机相比，具有以下优点：

[0017] 1. 功率绕组和控制绕组分别放置在外定子和内定子，可减小两绕组之间的直接耦合，便于嵌线，绝缘结构易设计，空间利用率高，结构紧凑；

[0018] 2. 转子为磁阻式转子，导磁块可用硅钢片叠压而成，也可由导磁材料铸造而成，如使用软磁复合材料压铸成型，转子上无绕组无永磁体，结构简单可靠，便于制造；

[0019] 3. 利用转子导磁块的调制作用，通过改变控制绕组的频率，可以实现电机的变速恒频运行。

[0020] 4. 定子和转子均可采用模块化结构，便于运输和现场安装。

[0021] 5. 导磁块中设计隔磁槽，隔磁槽能有效消除导磁块上的局部饱和现象，减小损耗，且不会影响导磁块的调磁能力。

[0022] 6. 隔磁槽不与内外气隙连通，可有效降低转矩脉动。

## 附图说明

[0023] 图1为本发明电机的截面结构示意图；

[0024] 图2为本发明电机的调磁块的截面结构示意图；

[0025] 图3为电机在250r/min时，a)无隔磁槽的调磁块的磁力线分布图，b)有隔磁槽的调磁块的磁力线分布图；

[0026] 图4为电机在750r/min时，a)无隔磁槽的调磁块的磁力线分布图，b)有隔磁槽的调磁块的磁力线分布图；

[0027] 图5为电机在250r/min时，无隔磁槽和有隔磁槽的电机的A相绕组反电动势对比图；

[0028] 图6为电机在750r/min时，无隔磁槽和有隔磁槽的电机的A相绕组反电动势对比图；

## 具体实施方式

[0029] 如图1所示,外定子、转子、内定子同心排列,由外至内,依次为外定子1、外气隙2、转子3、内气隙7和内定子8;所述内定子1包括外定子轭11、外定子齿12和嵌入槽内的分布式功率绕组10;所述内定子8包括内定子轭13、内定子齿14和嵌入槽内的分布式控制绕组9;所述转子3包括沿圆周均匀分布的导磁铁心块4和非导磁材料块6,导磁铁心块4结构如图2所示,内部含有隔磁槽5,隔磁槽不与内外气隙连通。

[0030] 磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机,包括外定子、转子和内定子,三者由外向内依次放置,相互独立,转子在外定子和内定子中间;外定子和转子之间存在气隙,称为外气隙或第一气隙,内定子与转子之间也存在气隙,称为内气隙或第二气隙;所述两个定子和转子也可从左向右依次布置,构成轴向盘式结构的磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机;

[0031] 所述外定子包括外定子轭和功率绕组,外定子轭靠近转子的一面称为外侧面,外侧面可以为开槽结构,也可为无槽结构;有开槽时,功率绕组可按分布形式或集中形式布置在所述的槽内;无开槽时,使用环氧树脂将功率绕组直接固定在所述外定子轭的外侧面的表面,绕组也可布置为分布形式或集中形式;

[0032] 所述内定子包括内定子轭和控制绕组,内定子轭靠近转子的一面称为内侧面,所述控制绕组放置在内侧面上,所述内侧面也包括开槽和无槽两种结构,所述外侧面上的绕组布置方式均适用于控制绕组在所述内侧面上的布置;

[0033] 所述外定子中的功率绕组不经过逆变器可与工频电网直接相连,所述内定子中的控制绕组经双向逆变器与工频电网或电源相连;当转子速度变化时,可通过控制逆变器改变控制绕组中电流频率,保证功率绕组中的电流频率恒定,实现变速恒频运行;

[0034] 所述内定子中的控制绕组馈入直流电时,磁阻转子场调制双定子无刷双馈电机可演化为电励磁磁阻转子场调制双定子无刷同步电机,作为同步电机使用;

[0035] 所述外定子中的绕组等效极对数为 $p_{sw}$ 、内定子中的绕组等效极对数为 $p_{sc}$ 、转子导磁块的个数为 $n_r$ ,三者满足关系: $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ 。

[0036] 所述转子包括间隔排列的导磁铁心块和不导磁材料块,每个导磁块中都包含若干个隔磁槽,其能阻断导磁块上的部分磁通路径,可有效消除所述导磁铁心块上的局部饱和;合理设计导磁块的极弧系数和隔磁槽尺寸,可使导磁块的导磁能力不因隔磁槽的存在而受到影响;

[0037] 所述导磁块的极弧系数一般选定为0.65-0.75,既可保证导磁块的调磁能力,也可有空间设置隔磁槽;若不设置隔磁槽,在保证导磁块的导磁能力不变的情况下,即便是选用较小的极弧系数,也会在导磁块中出现局部饱和现象,电机在高于同步速度运行时,局部饱和现象更为严重;隔磁槽的存在能有效的解决导磁块中的局部饱和现象;

[0038] 每个导磁铁心块中的隔磁槽的个数一般选定为3-5个,导磁铁心块上导磁部分的宽度和隔磁槽的宽度之比是2:1;隔磁槽不与内外气隙连通,与内外气隙的距离一般选择1-2mm,如此可以减小电机的转矩脉动;

[0039] 在本实施方案中,如图1所示,所述外定子齿间的空隙形成外定子槽,槽内嵌入分布式功率绕组,绕组按一定规律连接,构成三相对称绕组,通入三相对称交流电后形成4对极磁场。所述内定子齿间的空隙形成内定子槽,槽内嵌入分布式控制绕组,绕组按一定规律连接,构成三相对称绕组,绕组经双向逆变器与电网连接,通电后形成2对极磁场。所述转子由6个导磁块和6个非导磁块间隔排列,沿圆周均匀分布。每个导磁块中隔磁槽的个数为5

个,导磁部分宽度和隔磁槽的宽度之比为2:1,隔磁槽不与内外气隙相连接,如图2所示。

[0040] 所述导磁块可使用硅钢片轴向叠压而成,也可径向叠压而成,也可应用其他导磁材料压铸成型,如软磁复合材料;

[0041] 本发明也可设计成多相电机;

[0042] 本发明的工作原理:控制绕组中通入三相对称交流电,频率为 $f_c$ ,通过控制与控制绕组相连的逆变器可以改变该频率,从而在内气隙中产生极对数为 $p_{sc}$ 、旋转速度为 $\frac{60f_c}{p_{sc}}$ 的

磁场,经转子导磁块的调制作用,在外气隙中建立极对数为 $p_{sw}$ 的磁场,该磁场的旋转速度与转子的旋转速度 $n$ 和控制电流频率 $f_c$ 有关,其与外定子上的功率绕组匝链。如果原动机拖动转子以速度 $n$ 旋转,会在功率绕组中感应出感应电动势,对外输出电功率,电动势的频率为

$f_w = \frac{(p_{sw} + p_{sc})n}{60} - f_c$ 。经公式变换可得,转子速度 $n = \frac{60(f_c + f_w)}{p_{sc} + p_{sw}}$ ,从而可看出,当转子速度

变化时,通过调节控制绕组频率 $f_c$ ,可使功率绕组频率 $f_w$ 保持不变,实现变速恒频运行。同理,如果在功率绕组中通入交流电,该电流会与磁场相互作用,产生电磁转矩,驱动转子旋转,对外输出机械功率,通过调节频率 $f_c$ ,可实现变速运行。

[0043] 以上所述仅为本发明的较佳实施方式,本发明的保护范围并不以上述实施方式为限,但凡本领域普通技术人员根据本发明所揭示内容所作的等效修饰或变化,皆应纳入权利要求书中记载的保护范围。

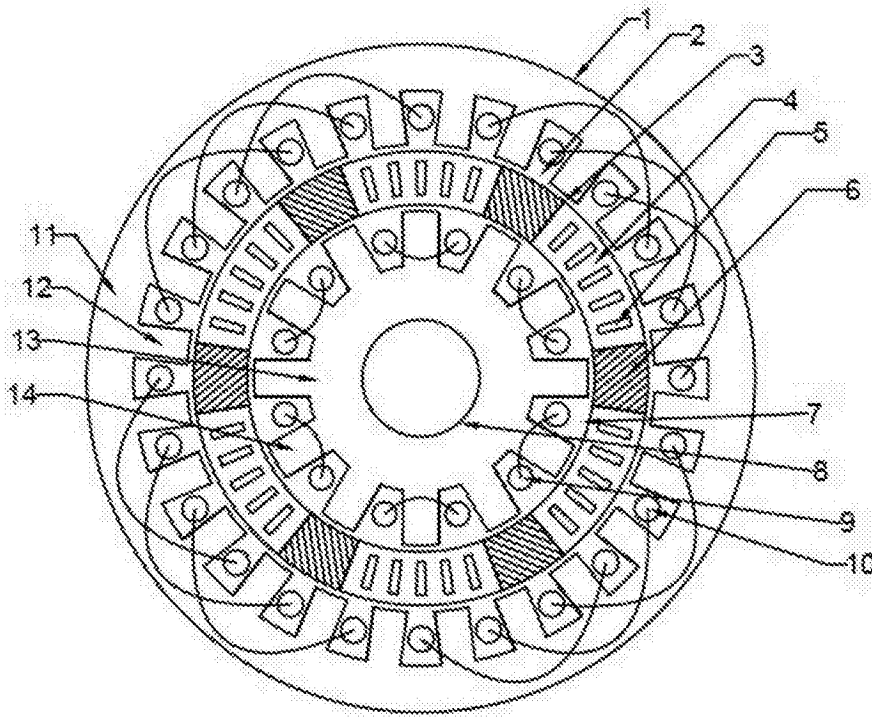


图1

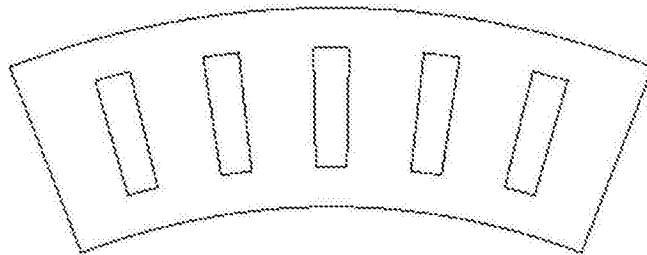


图2

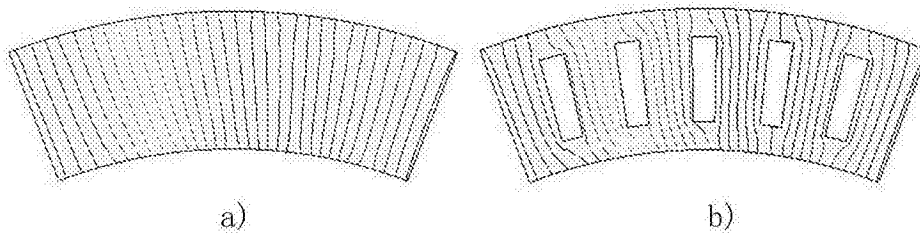


图3

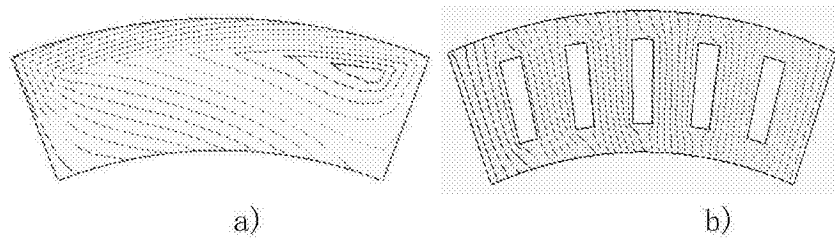


图4

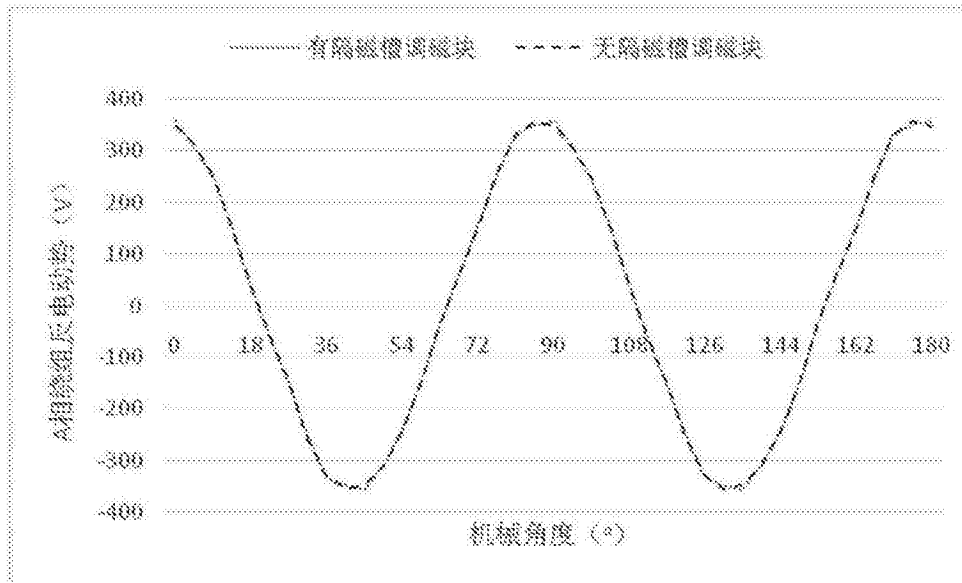


图5

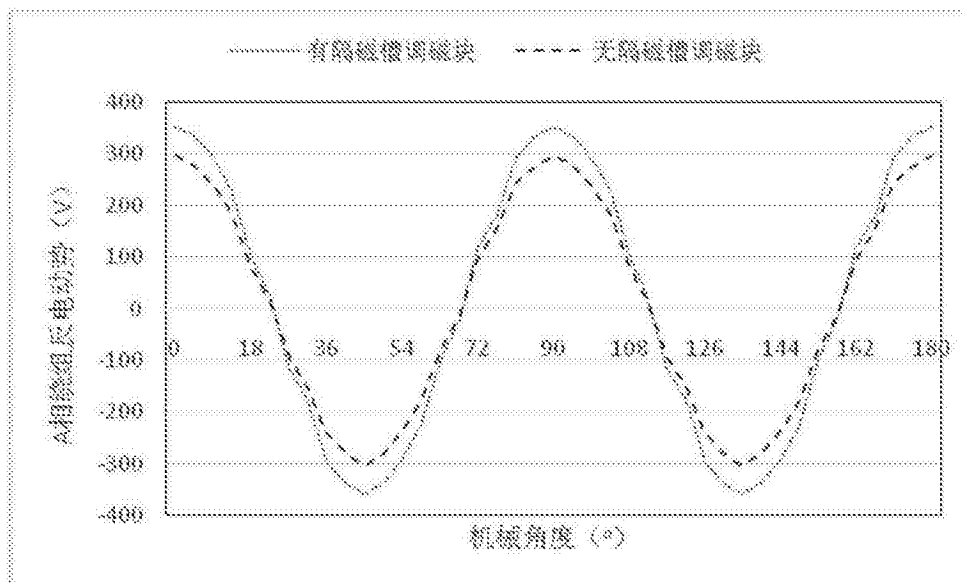


图6