



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105356699 B

(45)授权公告日 2018.04.24

(21)申请号 201510755061.3

(22)申请日 2015.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105356699 A

(43)申请公布日 2016.02.24

(73)专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 朱孝勇 张超 全力 杜悒

(51)Int.Cl.

H02K 16/02(2006.01)

H02K 1/17(2006.01)

H02K 1/02(2006.01)

H02K 1/24(2006.01)

H02K 1/32(2006.01)

(56)对比文件

CN 104506011 A, 2015.04.08,

CN 203788059 U, 2014.08.20,

CN 202424345 U, 2012.09.05,

CN 103312104 A, 2013.09.18,

CN 203416069 U, 2014.01.29,

CN 104158380 A, 2014.11.19,

JP 2002540754 A, 2002.11.26,

US 2014049124 A1, 2014.02.20,

审查员 林业伟

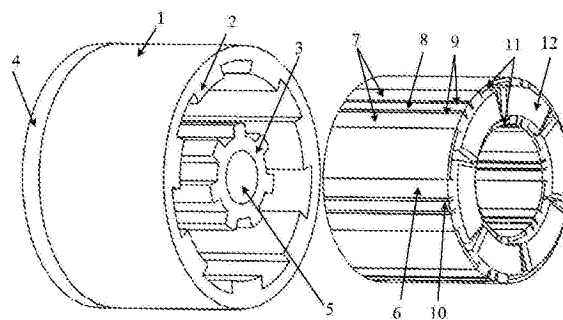
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

一种车用双转子磁通切换电机

(57)摘要

本发明公开一种车用双转子磁通切换电机, 定子是由三相电枢绕组、 N_s 个定子铁芯模块和 N_s 个电枢槽组成, $N_s = 3N_c$, N_c 为单相绕组的线圈个数, N_s 个定子铁芯模块沿圆周方向均匀分布, 每两个定子铁芯模块之间是电枢槽, 三相电枢绕组放置在电枢槽中; 每个定子铁芯模块的中间沿径向固定嵌有一个混合永磁体模块, 每个混合永磁体模块都由一块铁氧永磁体和两块相同的钕铁硼永磁体组成, 铁氧永磁体在两块钕铁硼永磁体中间, 铁氧永磁体与两侧的钕铁硼永磁体紧密无缝连接在一起; 相邻永磁体在磁通路径上形成了明显的串联磁路, 相比并联磁路下的传统磁通切换永磁电机, 显著改善了定子齿部易饱和问题, 有效提高了永磁体的利用率。



1. 一种车用双转子磁通切换电机, 双转子 (1) 包括外转子铁芯 (2) 和内转子铁芯 (3), 外转子铁芯 (2) 内同轴空套内转子铁芯 (3), 在外转子铁芯 (2) 和内转子铁芯 (3) 之间同轴装有定子 (6), 内转子铁芯 (3) 同轴固定套在非导磁转轴 (5) 外, 内转子铁芯 (3) 外圈表面与定子 (6) 内圈表面之间存有内气隙, 定子 (6) 外圈表面与外转子铁芯 (2) 内圈表面存有外气隙, 其特征是: 定子 (6) 是由三相电枢绕组、 N_s 个定子铁芯模块 (7) 和 N_s 个电枢槽 (13) 组成, $N_s = 3N_c$, N_c 为单相绕组的线圈个数, N_s 个定子铁芯模块 (7) 沿圆周方向均匀分布, 每两个定子铁芯模块 (7) 之间是电枢槽 (13), 三相电枢绕组放置在电枢槽 (13) 中; 每个定子铁芯模块 (7) 的中间沿径向固定嵌有一个混合永磁体模块 (10), 每个混合永磁体模块 (10) 都由一块铁氧永磁体 (8) 和两块相同的钕铁硼永磁体 (9) 组成, 铁氧永磁体 (8) 在两块钕铁硼永磁体 (9) 中间, 铁氧永磁体 (8) 与两侧的钕铁硼永磁体 (9) 紧密无缝连接; 同一个混合永磁体模块 (10) 中的铁氧永磁体 (8) 和钕铁硼永磁体 (9) 的充磁方向相同且都沿圆周切向充磁, 相邻的两块混合永磁体模块 (10) 的充磁方向相反。

2. 根据权利要求1所述一种车用双转子磁通切换电机, 其特征是: 外转子铁芯 (2) 和内转子铁芯 (3) 上具有相同的凸极数目 N_r , $N_r = N_s \pm K_1$, $K_1 = 1, 2, 3 \cdots$, N_c 为单相绕组的线圈个数; 相邻的两个外转子铁芯凸极 (15) 之间的径向中心线与其间的内转子铁芯凸极 (16) 的中心线重合。

3. 根据权利要求1所述一种车用双转子磁通切换电机, 其特征是: 外转子铁芯 (2) 和内转子铁芯 (3) 的轴向同一端面固定连接一个环形圆盘 (4), 在环形圆盘 (4) 的盘面上沿圆周方向均匀分布有四个圆形通风孔。

4. 根据权利要求1所述一种车用双转子磁通切换电机, 其特征是: 所有的定子铁芯模块 (7) 和混合永磁体模块 (10) 均具有和非导磁转轴 (5)、定子 (6) 相同的圆心 O , 圆心 O 到定子 (6) 内圈的距离为半径 R_{si} 、到定子 (6) 外圈的距离为半径 R_{so} , 且 $0.5R_{so} < R_{si} < 0.6R_{so}$ 。

5. 根据权利要求1所述一种车用双转子磁通切换电机, 其特征是: 定子铁芯模块 (7)、铁氧永磁体 (8) 和钕铁硼永磁体 (9) 均是扇形; 钕铁硼永磁体 (9) 的弧度为 β_{NdFe} , 铁氧永磁体 (8) 的弧度为 $\beta_{ferrite}$, 铁氧永磁体 (8) 的弧度 $\beta_{ferrite}$ 为钕铁硼永磁 (9) 的弧度 β_{NdFe} 的三倍。

6. 根据权利要求5所述一种车用双转子磁通切换电机, 其特征是: 每个定子铁芯模块 (7) 的侧边至钕铁硼永磁体 (9) 侧边之间所占的最小弧度为 β_s , $\beta_s > \beta_{ferrite} + 2\beta_{NdFe}$ 。

一种车用双转子磁通切换电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机制造技术领域,特指一种用于电动汽车等的双转子磁通切换电机。

背景技术

[0002] 磁通切换电机采用定子永磁型结构,电枢绕组和永磁体都位于定子上,转子上既无电枢绕组也无永磁体,结构简单,运行可靠,效率及功率密度较高。一方面,该类遵循磁通切换原理的磁通切换电机,由于具备绕组互补性,可以大大减少或抵消单个绕组线圈永磁磁链和感应电动势中的高次谐波分量,使得该电机在采用集中式电枢绕组和转子直槽的条件下就可以获得较高正弦度的每相空载永磁磁链和感应电动势;另一方面,该类电机,由于永磁体内嵌于定子齿部,通过相邻齿的永磁形成聚餐效应,使得该类电机容易实现较高的气隙磁,从而实现了较高的电机转矩密度和功率密度。但随着对该类磁通切换电机研究和应用的不断深入,该类电机的固有的不足也日益显现:1. 永磁体内嵌于定子齿中间,定子齿有效截面积大大减小,使得电机的主磁路经过定子齿部分时,易于饱和,电机漏磁较大,磁场利用率较低,此外,该类电机特有的定子外漏磁也进一步降低了电机的永磁材料利用率;2. 电机在电机主磁路饱和的情况下为获得较高的气隙磁密,永磁材料的用量也明显高于同样功率等级的永磁无刷电机,随着近年来稀土永磁材料价格的持续上涨,其制造成本的明显上升无疑会限制该类电机的进一步推广使用。

[0003] 综合国内外的文献可以看出,降低永磁电机中稀土永磁材料用量的方法主要有:提高永磁体的利用率,采用直流辅助励磁,使用铁氧体等价格低廉的非稀土材料等。文献“A novel hybrid excitation flux-switching motor for hybrid vehicles”中(公开发表于2009年IEEE Transactions on Magnetics 45卷,10期,4728-4731页)通过在定子中加入直流励磁绕组,不仅降低了稀土永磁材料的用量,也实现了气隙磁通的自由调节,扩大了电机的调速范围。但是由于直流励磁绕组的使用,电机的结构变得更加复杂,同时也增加了电机的用铜量和铜耗,降低了电机的运行效率。在此基础上文献“The performance of a hybrid excitation flux switching motor with ferrite magnets for EVs”中(公开发表于2014年IEEE Conference of Transportation Electrification Asia-Pacific)采用铁氧体永磁体代替稀土永磁励磁,有效降低了电机的制造成本。但是由于铁氧体的磁能积较低,需要通过直流励磁绕组提高电机的转矩密度,电机的运行效率也有待提高。中国专利号为201410508547.2的专利文献提出了一种采用混合永磁体的磁通切换电机,该电机同时使用稀土永磁和铁氧体永磁进行励磁,在定子的轭部安装高磁能积的稀土永磁体,在靠近定子的齿部安装低磁能积的铁氧体永磁体,由此形成稀土永磁体与铁氧体永磁连接的混合永磁体模块,在保证一定转矩密度的基础上,降低了电机的制造成本,也没有增加额外的铜耗,保证了电机的效率。但是这些电机都没有解决磁通切换电机定子外圆漏磁的问题,致使永磁体的利用率仍然较低。

[0004] 因此,如何在维持电机相对较高转矩密度和效率的同时,降低电机中稀土永磁材

料的用量是非稀土或少稀土磁通切换电机领域中亟需解决的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为解决现有技术存在的问题,提出了一种结构简单、转子鲁棒性能好、具有较高转矩密度、高效率、高永磁体利用率的车用双转子少稀土磁通切换电机,以满足在保证相对较高功率密度和效率的情况下,降低稀土永磁材料用量的要求。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:本发明中的双转子包括外转子铁芯和内转子铁芯,外转子铁芯内同轴空套内转子铁芯,在外转子铁芯和内转子铁芯之间同轴装有定子,内转子铁芯同轴固定套在非导磁转轴外,内转子铁芯外圈表面与定子内圈表面之间存有内气隙,定子外圈表面与外转子铁芯内圈表面存有外气隙,定子是由三相电枢绕组、 N_s 个定子铁芯模块和 N_s 个电枢槽组成, $N_s=3N_c$, N_c 为单相绕组的线圈个数, N_s 个定子铁芯模块沿圆周方向均匀分布,每两个定子铁芯模块之间是电枢槽,三相电枢绕组放置在电枢槽中;每个定子铁芯模块的中间沿径向固定嵌有一个混合永磁体模块,每个混合永磁体模块都由一块铁氧永磁体和两块相同的钕铁硼永磁体组成,铁氧永磁体在两块钕铁硼永磁体中间,铁氧永磁体与两侧的钕铁硼永磁体紧密无缝连接在一起;同一个混合永磁体模块中的铁氧永磁体和钕铁硼永磁体的充磁方向相同且都沿圆周切向充磁,相邻的两块混合永磁体模块的充磁方向相反。

[0007] 外转子铁芯和内转子铁芯上具有相同的凸极数目 N_r , $N_r=N_s \pm K_1$, $K_1=1,2,3 \cdots$, N_c 为单相绕组的线圈个数;相邻的两个外转子铁芯凸极之间的径向中心线与其间的内转子铁芯凸极的中心线重合。

[0008] 外转子铁芯和内转子铁芯的轴向同一端面固定连接一个环形圆盘,在环形圆盘的盘面上沿圆周方向均匀分布有四个圆形通风孔。

[0009] 所有的定子铁芯模块和混合永磁体模块均具有和非导磁转轴、定子相同的圆心 O ,圆心 O 到定子内圈的距离为半径 R_{si} 、到定子外圈的距离为半径 R_{so} ,且 $0.5R_{so} < R_{si} < 0.6R_{so}$ 。

[0010] 定子铁芯模块、铁氧永磁体和钕铁硼永磁体均是扇形;钕铁硼永磁体的弧度为 β_{NdFe} ,铁氧永磁体的弧度为 $\beta_{ferrite}$,铁氧永磁体的弧度 $\beta_{ferrite}$ 为钕铁硼永磁的弧度 β_{NdFe} 的三倍;每个定子铁芯模块的侧边至钕铁硼永磁体侧边之间所占的最小弧度为 β_s , $\beta_s > \beta_{ferrite} + 2\beta_{NdFe}$ 。

[0011] 上述技术方案实施后具有以下有益效果:

[0012] 1、本发明的外转子铁芯和内转子铁芯通过端部的环形圆盘同轴固定连接后一起旋转,使得电机在满足单定子固定部件和转子运动部件特性的同时,形成内外两层气隙的结构。定子上的混合永磁体模块产生的永磁磁能可以通过两层气隙分别建立两个相互独立的永磁磁场,有效地将传统磁通切换永磁电机定子齿的过饱和部分的永磁磁能转化为建立电机的外磁场。分别作用在双转子内外转子铁芯上的电磁转矩可以相互叠加,从而有效地提高了电机的转矩输出能力和功率密度。这样的特殊设计不仅避免了传统磁通切换电机定子外圆漏磁的问题,提高了永磁体的利用率,而且可以降低传统磁通切换永磁电机定子齿的饱和程度,减小了电机高速运行时的铁耗,限制了电机的温升。

[0013] 2、本发明的双转子结构通过环形圆盘相互连接,且在环形圆盘上分布有数个圆形孔,使得空气随电机旋转而在电机内部流通,形成散热风扇的结构,有效的改善该电机的散

热性能。

[0014] 3、本发明的定子采用无定子轭型结构设计,再结合双转子,使得相邻永磁体在磁通路径上形成了明显的串联磁路。相比并联磁路下的传统磁通切换永磁电机,该电机显著改善了该类电机定子齿部易饱和的难点技术问题,并有效提高了永磁体的利用率。

[0015] 4、本发明的模块化定子铁芯定子齿采用新颖的“非等弧度”设计,改变了蕴含在气隙内的磁共能对定转子相对位置角变化率的方向,使得该电机内外层气隙产生的定位力矩经过叠加后相互抵消,以达到减小作用在新型双转子上总定位力矩的目的,进而获得减小转矩脉动的效果,这也是本发明的另一创新之处。

[0016] 5、本发明同时使用高性能钕铁硼永磁材料与廉价的非稀土铁氧体永磁材料,且铁氧体与钕铁硼两种永磁材料相互串联,且提出了“磁动势和磁通均衡”原则,两种类型永磁材料在尺寸上保持严格的约束关系(铁氧体永磁的厚度是钕铁硼永磁厚度的三倍),最大限度提示了两种永磁材料的性能,保证电机相对较高转矩密度和功率密度的同时降低了钕铁硼的用量,从而显著降低电机的制造成本。

[0017] 6、本发明采用混合磁材料模块夹于定子铁芯模块的结构,且在混合磁材料模块中,铁氧体位于内外两块钕铁硼材料之间,由此避免了铁氧体位于定子端部时的定子端部磁饱和现象,同时也提高了铁氧体的抗去磁能力。

[0018] 7、本发明采用的混合磁材料模块在圆周方向上切向交替充磁,使得电机的磁场具有聚磁特性,进而提高了气隙的磁通密度。

[0019] 8、本发明仅采用一套电枢绕组,因而巧妙地避免了传统双层气隙永磁电机由于采用两套电枢绕组所带来的电磁耦合问题,从而保证了电机正常运行的稳定性和可靠性。

附图说明

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0021] 图1是本发明一种车用双转子磁通切换电机的三维结构拆分示意图;

[0022] 图2是本发明的轴向外观视图;

[0023] 图3是图2中环形圆盘的径向截面示意图;

[0024] 图4是本发明在去掉环形圆盘后的径向截面放大示意图;

[0025] 图5是图4中定子结构、永磁体充磁方向及电枢绕组的安装与连接方式示意图;

[0026] 图6是图4中单个混合永磁体模块的结构及几何尺寸标注放大示意图;

[0027] 图7是本发明运行在第一位置时沿圆周方向展开的局部视图以及磁通示意图;

[0028] 图8是本发明从图7的第一位置运行到第二位置的磁通示意图;

[0029] 图9是本发明空载磁场分布图;

[0030] 图10是传统12/10型磁通切换电机磁场分布图;

[0031] 图11是传统6/5型磁通切换电机磁场分布图;

[0032] 图12是本发明空载反电动势波形图;

[0033] 图中:1.双转子;2.外转子铁芯;3.内转子铁芯;4.环形圆盘;5.非导磁转轴;6.定子;7.定子铁芯模块;8.铁氧永磁体;9.钕铁硼永磁体;10.混合永磁体模块;11.非导磁定子连接部件;12.电枢绕组;13.电枢槽;14.圆形通风孔;15.转子外铁芯凸极;16.转子内铁芯凸极。

具体实施方式

[0034] 参见图1和图2,本发明由双转子1、定子6、电枢绕组12和非导磁转轴5组成。其中,双转子1由外转子铁芯2、内转子铁芯3和环形圆盘4组成,外转子铁芯2内同轴空套内转子铁芯3,在外转子铁芯2和内转子铁芯3的轴向同一端面上固定安装一个环形圆盘4,通过环形圆盘4将外转子铁芯2和内转子铁芯3固定连接在一起,其连接方式为铆接或者焊接,使双转子1成为一个整体。在外转子铁芯2和内转子铁芯3之间同轴安装定子6,内转子铁芯3同轴固定套在非导磁转轴5外,这样,本发明在径向上由内到外依次是由非导磁转轴5、内转子铁芯3、定子6和外转子铁芯2同轴心套装。非导磁轴5在轴向上穿过双转子1以及环形圆盘4,非导磁转轴5通过内转子铁芯3带动整个双转子1同轴转动。由于双转子1的特殊设计,使其在空间上形成一个空心杯状的旋转部件。

[0035] 在径向上,内转子铁芯3的外圈表面与定子6的内圈表面之间存在0.6mm的内气隙,而定子6的外圈表面与外转子铁芯2的内圈表面存有0.6mm的外气隙。

[0036] 外转子铁芯2、内转子铁芯3和定子6都是由0.35mm厚度的D23硅钢片叠压而成,叠压系数为0.95。非导磁转轴5和环形圆盘4均由散热系数较高的非导磁材料组成。

[0037] 参见图3,为了有效地改善本发明电机的散热性能,在环形圆盘4的盘面上沿圆周方向均匀分布有四个圆形通风孔14,每个圆形通风孔14的半径均为 R_1 ,4个圆形孔14的圆心距环形圆盘4的中心距离相等,均为 L_1 。在电机旋转过程中,空气通过环形圆盘4上的圆形通风孔14在电机内部流通,有利于电机的散热。

[0038] 参见图1、图4和图5,外转子铁芯2和内转子铁芯3上有相同的凸极数目 N_r 。相邻的两个外转子铁芯凸极15之间的径向中心线刚好与这两个外转子铁芯凸极15之间的内转子铁芯凸极16的中心线重合,在同一直径上,这样使外转子铁芯凸极15和内转子铁芯凸极16在圆周方向上的相对位置刚好错落布置。

[0039] 定子6是由三相电枢绕组12、 N_s 个定子铁芯模块7和 N_s 个电枢槽13组成, N_s 个定子铁芯模块7沿圆周方向均匀分布,定子铁芯模块7形成定子齿部,每两个定子铁芯模块7之间是电枢槽13,三相电枢绕组12放置在电枢槽13中。其中, $N_s = 3N_c$, $N_r = N_s \pm K_1$ ($K_1 = 1, 2, 3 \cdots$), N_c 为单相绕组所含有的线圈个数, N_s 可以取6、12或18, K_1 则相应的取1、2、3等整数。

[0040] 每个定子铁芯模块7的中间沿径向固定嵌有一个混合永磁体模块10,定子铁芯模块7和混合永磁体模块10是扇形结构,混合永磁体模块10的外径等于定子铁芯模块7的外径,混合永磁体模块10的内径等于定子铁芯模块7的内径。混合永磁体模块10和定子铁芯模块7粘合为一个整体。

[0041] 参见图4和图5,每两个定子铁芯模块7之间通过非导磁定子连接部件11进行固定连接。固定时,每两个定子铁芯模块7的外边缘之间以一个非导磁定子连接部件11固定,每两个定子铁芯模块7的内边缘之间以另一个非导磁定子连接部件11固定,这两个定子连接部件11均由散热系数较高的非导磁材料组成。

[0042] 每个混合永磁体模块10都由一块铁氧永磁体8和两块相同的钕铁硼永磁体9组成,铁氧永磁体8在两块钕铁硼永磁体9中间,铁氧永磁体8和钕铁硼永磁体9均是扇形结构,铁氧永磁体8与两侧的钕铁硼永磁体9紧密无缝连接在一起,形成一个完整的混合永磁体模块10。同一个混合永磁体模块10中的一块铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9的充磁方向相同

且都沿圆周切向充磁,相邻的两个混合永磁体模块10的充磁方向相反。图5中,“+”为电枢绕组12的进线方向,“-”为电枢绕组12的出线方向,A、B、C为电机三相绕组。其中,每相绕组一共分为 N_c 组线圈(对应的,定子铁芯模块7的数量 N_s 取6、12、18时 N_c 取2、4、6),且每相线圈均集中式匝绕,并放置在电枢槽13中。

[0043] 参见图6,所有的定子铁芯模块7和混合永磁体模块10均具有同一圆心O,圆心O和非导磁转轴5、定子6等的轴心重合。圆心O到定子6内圈的距离为半径 R_{si} ,圆心O到定子6外圈的距离为半径 R_{so} ,且 $0.5R_{so} < R_{si} < 0.6R_{so}$ 。两块钕铁硼永磁体9的弧度相等,都为 β_{NdFe} ;铁氧永磁体8的弧度为 $\beta_{ferrite}$ 。铁氧永磁体8的弧度 $\beta_{ferrite}$ 为钕铁硼永磁体9的弧度 β_{NdFe} 的三倍。每个定子铁芯模块7的侧边至钕铁硼永磁体9侧边之间所占的最小弧度为 β_s ,为保证一定的机械强度, $\beta_s > \beta_{ferrite} + 2\beta_{NdFe}$ 。定子铁芯模块7的弧度为 β_m , $\beta_m = 2\beta_s + 2\beta_{NdFe} + \beta_{ferrite}$ 。

[0044] 参见图7和图8,本发明电机工作时,在该电机运行过程中,电机的定子铁芯模块7流过的磁通(磁链)会根据双转子1的不同位置切换方向。如图7所示为电机运行在第一个位置,双转子1运行到图7所示的位置时,双转子1和定子6的相对位置为:由于双转子1的相对运动方向为顺时针,因此按从左到右的顺序是:双转子1的连续的第一个和第二个外转子铁芯凸极15分别与第一个和第三个定子铁芯模块7相对;双转子1的连续的第一个和第二个内转子铁芯凸极16分别与第二个和第四个定子铁芯模块7相对。此时,铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9产生的磁链相互串联,并以正方向(顺时针方向)穿过电枢绕组12。铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9产生的磁通的路径按顺时针方向如下:依次经过第二块钕铁硼永磁体9、第一块铁氧永磁体8、第一块钕铁硼永磁体9、第一个定子铁芯模块7、外气隙、第一个外转子铁芯凸极15、外转子轭部、第二个外转子铁芯凸极15、外气隙、第三个定子铁芯模块7、第三块钕铁硼永磁体9、第二块铁氧永磁体8、第四块钕铁硼永磁体9、第四个定子铁芯模块7、内气隙、第二个内转子铁芯凸极16、内转子轭部、第一个内转子铁芯凸极16、内气隙、第二个定子铁芯模块7。因此,在图7位置时,本发明具有较强的聚磁效应,可提供较高的气隙磁通密度。

[0045] 当双转子1运行到如图8所示的第二个位置时,其双转子1和定子6的相对位置为:按从左到右的顺序,双转子1的连续的第一个和第二个外转子铁芯凸极15分别与第二个和第四个定子铁芯模块7相对;双转子1的连续的第一个和第二个内转子铁芯凸极16分别与第一个和第三个定子铁芯模块7相对。此时,铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9产生的磁链相互串联,并以反方向(逆时针方向)穿过电枢绕组12。铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9产生的磁通的路径按顺时针方向如下:依次经过第三块钕铁硼永磁体9、第二块铁氧永磁体8、第四块钕铁硼永磁体9、第四个定子铁芯模块7、外气隙、第二个外转子铁芯凸极15、外转子轭部、第一个外转子铁芯凸极15、外气隙、第二个定子铁芯模块7、第二块钕铁硼永磁体9、第一块铁氧永磁体8、第一块钕铁硼永磁体9、第一个定子铁芯模块7、内气隙、第一个内转子铁芯凸极16、内转子轭部、第二个内转子铁芯凸极16、内气隙、第三个定子铁芯模块7。因此,在图8位置时,本发明具有较强的聚磁效应,可提供较高的气隙磁通密度。此外,由于在图7所示的第一位置时,铁氧永磁体8和两块钕铁硼永磁体9产生的磁通以顺时针方向穿过电枢绕组12,而在图8所示的第二位置时,该磁通以逆时针方向穿过电枢绕组12,因而当连续切换定子6和双转子1的相对位置时,电枢绕组12内会感应出具有双极性的交变感应电动势。

[0046] 参见图9、图10和图11,采用本发明的结构设计相比图10和图11中传统磁通切换电

机的磁场分布,本发明磁场分布巧妙而有效地避免了定子6外圈严重漏磁的问题,本发明可以有效地将传统磁通切换永磁电机定子齿的过饱和部分的永磁磁能,转化为建立电机的外磁场。因此,本发明不仅可以降低传统磁通切换永磁电机定子齿的饱和程度,还可以使分别作用在新型双转子内外转子铁芯上的电磁转矩进行叠加,从而有效地提高了电机的转矩输出能力和功率密度。

[0047] 参见图12,为本发明的空载反电动势波形图,可以看出,本发明空载反电势波形显示出较高的正弦度,其大部分谐波含量获得了抵消补偿,且适合于无刷交流控制运行。因此,本发明的特殊绕组设置,具有绕组的互补性特点。

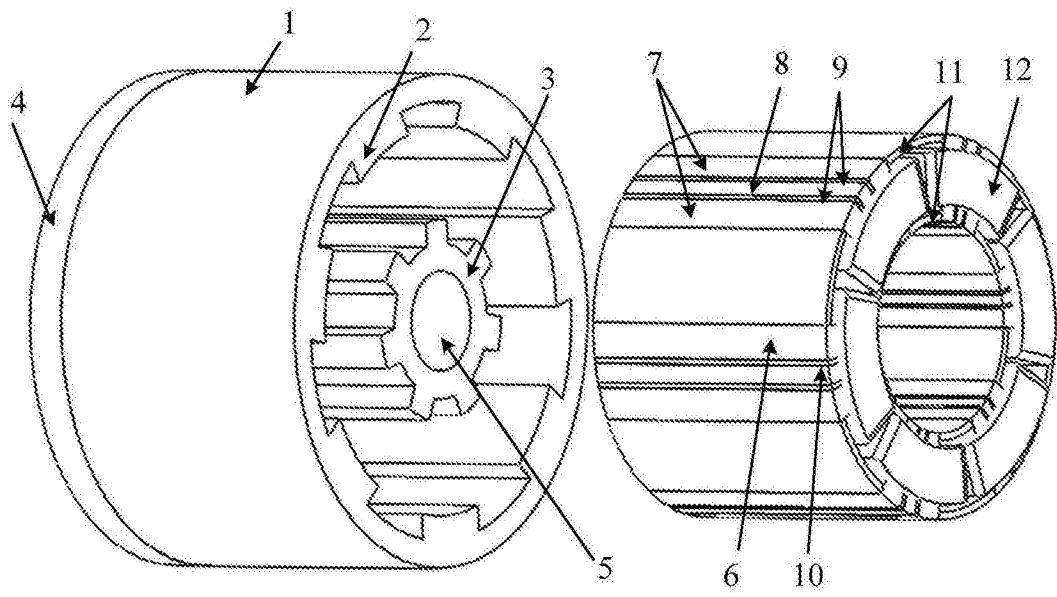


图1

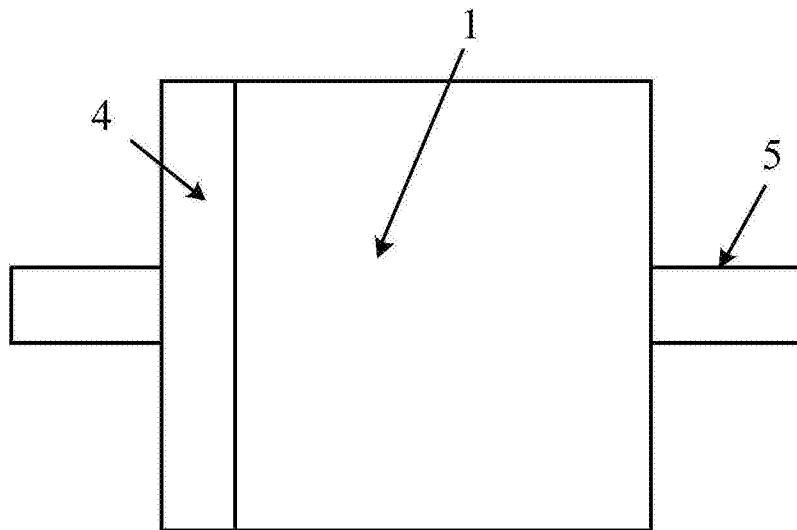


图2

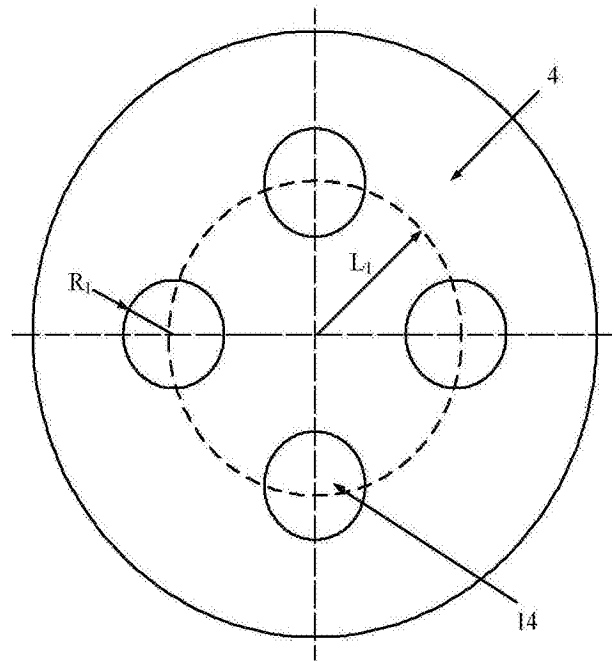


图3

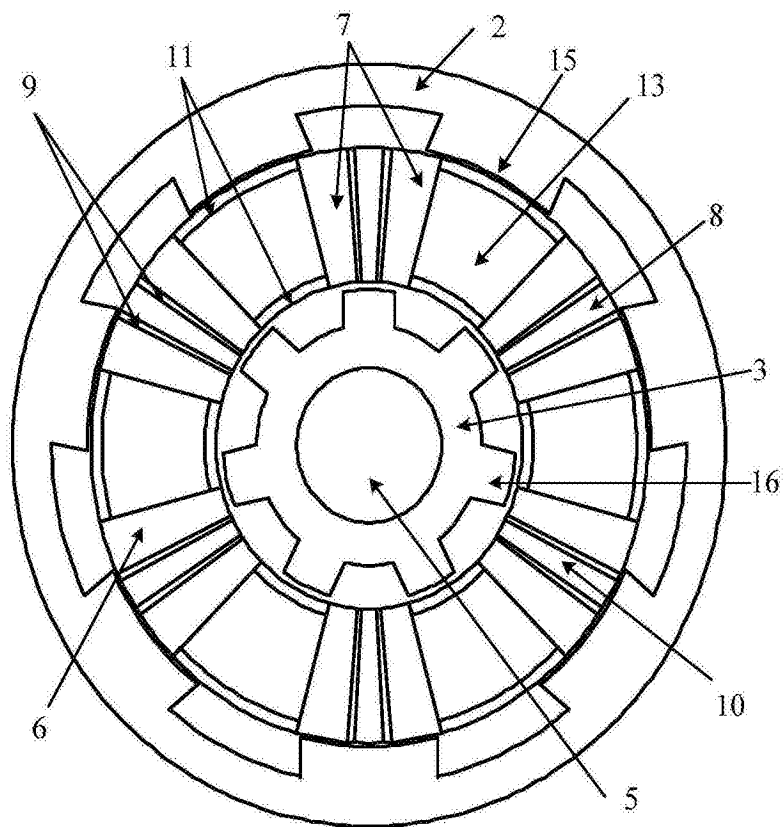


图4

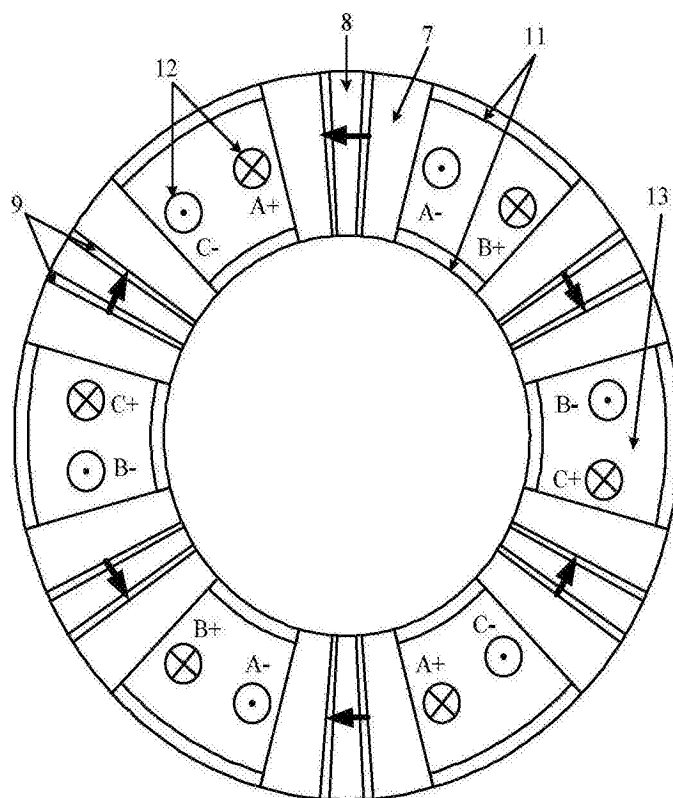


图5

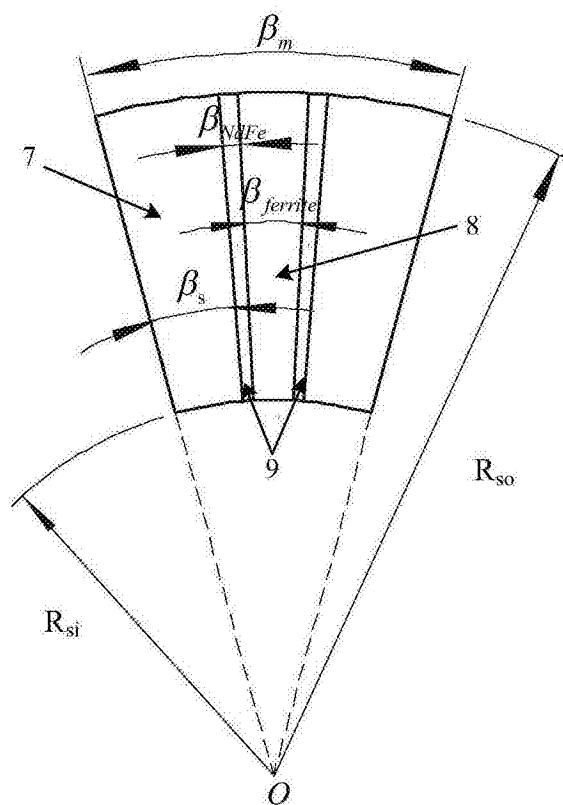


图6

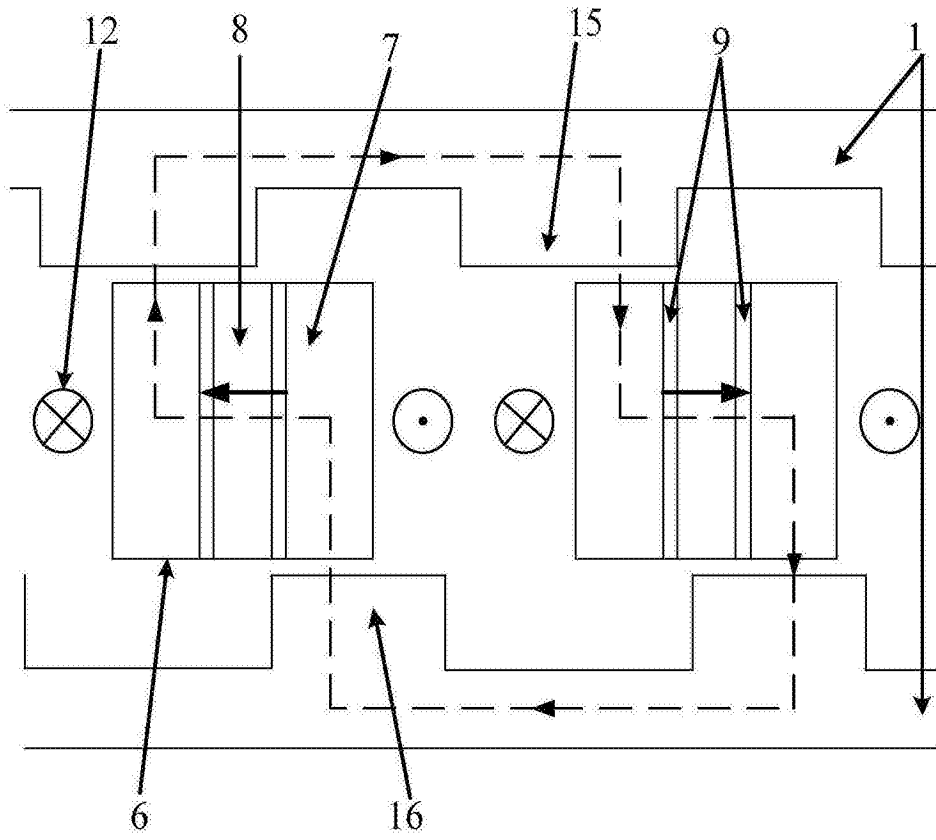


图7

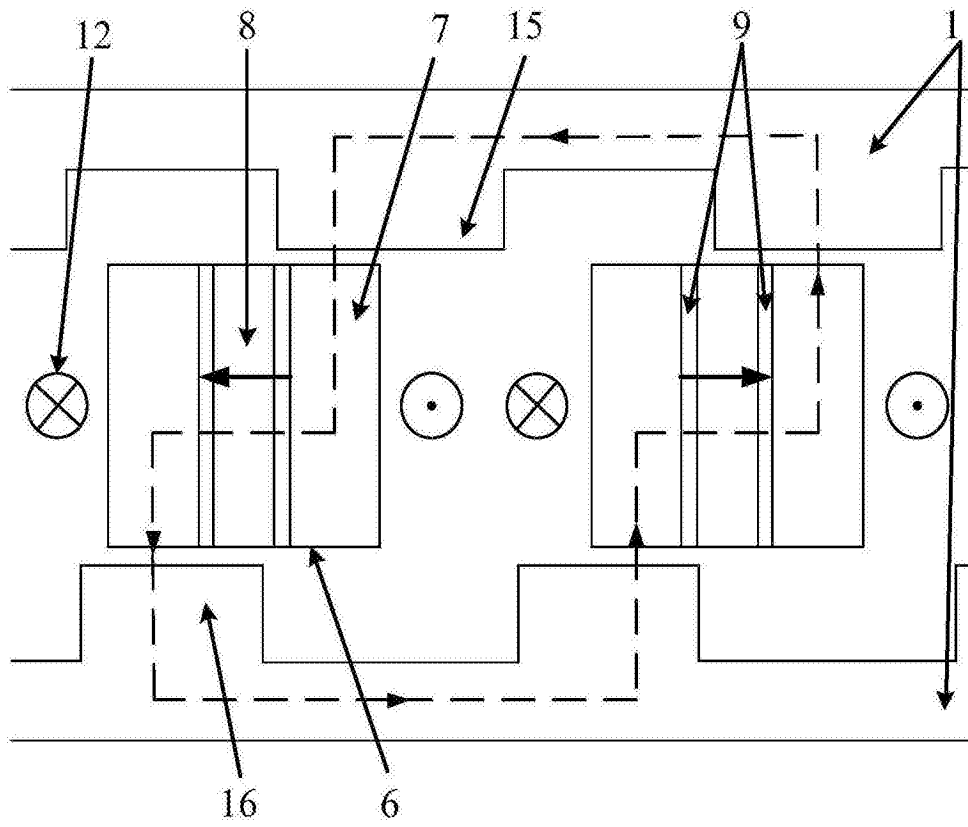


图8

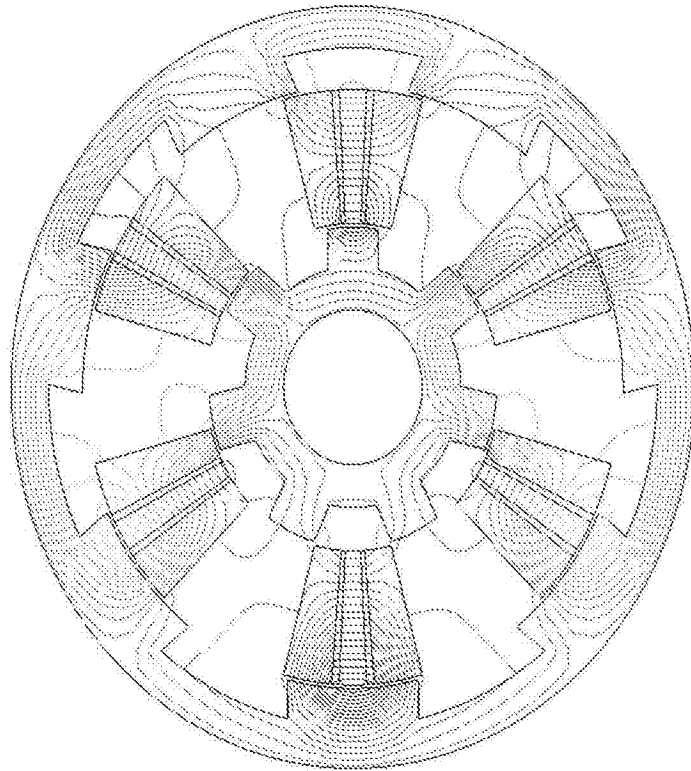


图9

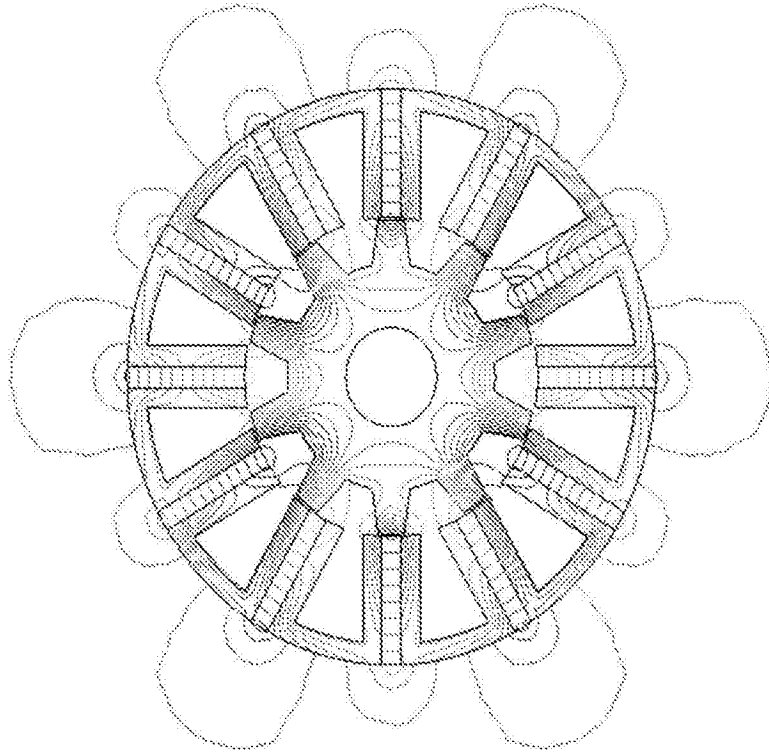


图10

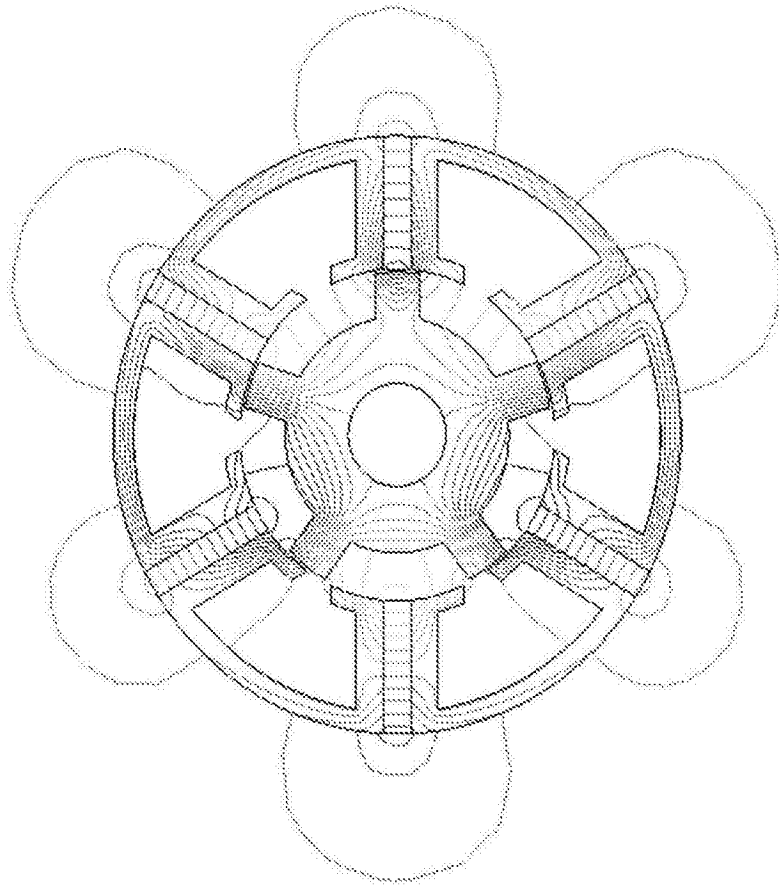


图11

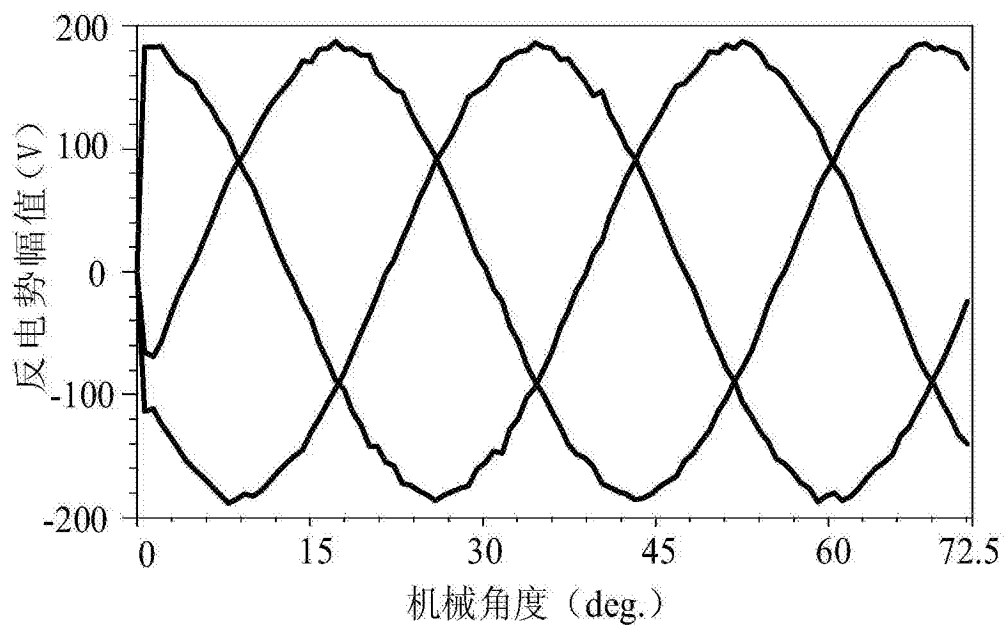


图12