



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106911237 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(21)申请号 201710259097.1

(22)申请日 2017.04.20

(71)申请人 扬州大学

地址 225009 江苏省扬州市大学南路88号

(72)发明人 陈云云 丁宇 莫岳平

(74)专利代理机构 扬州苏中专利事务所(普通合伙) 32222

代理人 许必元

(51)Int.Cl.

H02K 16/04(2006.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/17(2006.01)

H02K 1/22(2006.01)

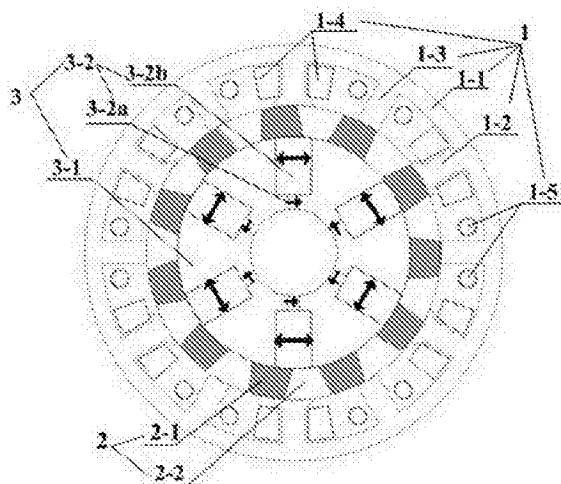
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机

(57)摘要

一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,属于电机本体设计及其工作原理技术领域,从外至内依次由同轴的外定子、转子和内定子相互套接组成;外定子与转子之间、转子与内定子之间均存在径向气隙;外定子包括电枢铁心齿、容错齿和定子轭部构成,转子由转子支架、导磁硅钢块和磁绝缘块构成,内定子由内定子铁心和混合永磁体单元块构成,本电机的双定子结构实现了电枢绕组与永磁体的分离,解决了传统磁通切换永磁电机内多励磁源在空间上的相互牵制问题,易提升电机功率密度和转矩密度;在有效降低稀土永磁材料的用量的同时,保证高的气隙磁密,确保了电机功率密度和转矩密度,另一方面可以实现电机气隙磁场的灵活调节,提高转速运行范围。



1. 一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,包括电机壳,其特征在于:所述少稀土类多励磁双定子磁通记忆电机从外至内依次由同轴的外定子(1)、转子(2)和内定子(3)相互套接组成;所述外定子(1)与转子(2)之间、所述转子(2)与内定子(3)之间均存在径向气隙;

所述外定子(1)固定设置在所述电机壳的内壁上,所述外定子(1)由外定子轭部(1-1)、电枢铁心齿(1-2)和容错齿(1-3)构成;所述电枢铁心齿(1-2)和容错齿(1-3)均沿所述外定子(1)的内圆周面均匀间隔排列,所述电枢铁心齿(1-2)上设有电枢绕组(1-4),所述容错齿(1-3)上设有磁化绕组(1-5);

所述转子(2)固定设置在电机输出轴上,所述转子(2)由转子支架、导磁硅钢块(2-1)和磁绝缘块(2-2)构成;所述导磁硅钢块(2-1)和磁绝缘块(2-2)均匀交错设置在所述转子支架的外圆表面;

所述内定子(3)由内定子铁心(3-1)和混合永磁单元块(3-2)构成,所述混合永磁单元块(3-2)沿圆周方向均匀嵌置在所述定子铁心(3-1)内,相邻的所述混合永磁单元块(3-2)沿切向充磁且方向相反分布。

2. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述外定子(1)采用双凸极结构,电枢铁心齿(1-2)和容错齿(1-3)的齿数相同,外定子轭部(1-1)为环状结构。

3. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述电枢绕组(1-4)和磁化绕组(1-5)均为集中分布式绕组,电枢绕组(1-4)为m相绕组,磁化绕组(1-5)为单相绕组。

4. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述混合永磁单元块(3-2)是由稀土钕铁硼永磁体(3-2a)和非稀土铝镍钴永磁体(3-2b)呈径向并列设置的双层式结构。

5. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述转子(2)整体呈圆筒杯状,环体沿周向交错排列导磁硅钢块(2-1)和磁绝缘块(2-2),形成调制环结构。

6. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述混合永磁单元块(3-2)的中心线与电枢铁心齿(1-2)的中心线对齐,混合永磁单元块(3-2)的外径等于内定子(3)的外径,混合永磁单元块(3-2)的内径等于电机轴径,非稀土铝镍钴永磁体(3-2b)靠近转子(2)一侧,稀土钕铁硼永磁体(3-2a)靠近电机轴一侧,相邻的混合永磁单元块(3-2)充磁方向相反,即NS-SN分布。

7. 根据权利要求1所述的一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,其特征在于:所述外定子(1)总齿数为X、电枢绕组(1-4)相数为m、导磁硅钢块(2-1)个数为q、混合永磁单元块(3-2)个数为K,上述参数满足关系: $X=2mN_c=2K$ 和 $2q=X \pm 2n$,n为正整数, N_c 为一相绕组的线圈个数。

一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机本体设计及其工作原理技术领域,涉及一种电机,特别是涉及一种用于电动汽车的少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机的本体设计技术。

背景技术

[0002] 稀土永磁电机具有结构简单、效率高、功率密度大的特点,是新能源车用驱动电机领域的研发热点,也是国内外新能源汽车厂商们主流的选择。近年来,一类永磁体位于定子的磁通切换永磁电机,其结构上特殊的聚磁效应可以使得电机的功率密度更高,其转子上既无永磁体也无绕组,结构更加稳定、转动惯量更小,磁通切换永磁电机在电动汽车应用领域的潜在优势吸引了越来越多相关学者的注意。然而,现有技术的磁通切换永磁电机中,稀土永磁材料的用量普遍较大,稀土永磁材料的供应源不稳和价格上涨,造成该类电机制造成本过高,这也为稀土永磁电机在新能源汽车领域的大规模推广和应用增添了不确定因素。因此越来越多的专家和学者开始研究稀土永磁电机中稀土永磁材料的深度利用以及如何有效降低稀土永磁材料的用量。另外,和传统永磁同步电机类似,磁通切换永磁电机的励磁源单一,永磁磁场恒定难以调节,调速范围十分有限,传统的通过增设电励磁绕组的混合励磁磁通切换永磁电机中,持续施加的电励磁电流又会带来额外的弱磁损耗,降低电机效率。因此如何实现该类电机气隙磁场的有效调节也一直是相关研究领域的热点和难点之一。

[0003] 为降低磁通切换永磁电机中稀土永磁材料的用量,中国专利申请号201410508547.2发明专利公开了一种混和永磁体在磁通切换永磁电机中的应用方法,在定子中采用了高磁能积的稀土永磁和非稀土铁氧体两种磁性能不同的永磁体,有效降低了稀土永磁材料的用量。然而,为了维持较高的功率密度,获得足够的磁通,就必须采用足够厚度的非稀土铁氧体材料,在定子空间十分受限的磁通切换永磁电机结构下,不易实现,也会造成电机制造尺寸的增大。

[0004] 为实现对磁通切换永磁电机气隙磁场的有效调节,中国专利申请号201510663688.6发明专利公开了一种双定子双功率绕组聚磁式混合永磁记忆电机和中国专利申请号201510756639.7发明专利公开了一种组合励磁型定子分区式混合永磁磁通切换记忆电机,均采用了定子分区式结构,实现了电枢绕组和永磁体的分离,内定子中均采用了高磁能积稀土钕铁硼和低矫顽力非稀土铝镍钴混合永磁材料,降低稀土永磁材料用量的同时,通过脉冲磁化电流的大小和方向实现铝镍钴永磁体磁化水平的调节,从而改变电机气隙磁场,达到扩宽电机调速范围的目的。然而,该类电机中,两种不同类型的永磁体以及磁化绕组都置于内定子,使得内定子结构复杂,而外定子仅绕制电枢绕组,空间利用率低。中国专利申请号201510756884.8发明专利则公开了一种少稀土类宽调速混合永磁磁通切换双定子电机,与前述两种电机类似,同样采用了定子分区结构,其内定子仅放置混合永磁单元,磁化绕组移至外定子,但其串联结构的混合永磁磁路易造成两种永磁体的相互耦合影响,从而降低电机气隙磁场的实际调节范围。

[0005] 综上所述,现有技术的少稀土类多励磁源磁通切换电机应用于新能源汽车驱动领域,在电机气隙磁场的有效调节与控制、电机调速范围的扩宽、保证电机高效高转矩密度的前提下有效减少稀土永磁材料用量、降低电机制造成本和优化电机结构等方面,尚存在亟待解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明目的是针对传统磁通切换永磁电机稀土永磁材料用量大、电机制造成本高、气隙磁场难以调节、调速范围窄和高速运行效率低的问题,提出一种转子结构简单、定子分区式结构、采用稀土钕铁硼和非稀土铝镍钴混合永磁材料,具有高功率密度、高效率、宽调速范围和低成本的少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机。

[0007] 本发明的技术方案是:一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,包括电机壳,其特征在于:所述少稀土类多励磁双定子磁通记忆电机从外至内依次由同轴的外定子、转子和内定子相互套接组成;所述外定子与转子之间、所述转子与内定子之间均存在径向气隙;

所述外定子固定设置在所述电机壳的内壁上,所述外定子由外定子轭部、电枢铁心齿和容错齿构成;所述电枢铁心齿和容错齿均沿所述外定子的内圆周面均匀间隔排列,所述电枢铁心齿上设有电枢绕组,所述容错齿上设有磁化绕组;

所述转子固定设置在电机输出轴上,所述转子由转子支架、导磁硅钢块和磁绝缘块构成;所述导磁硅钢块和磁绝缘块均匀交错设置在所述转子支架的外圆表面;

所述内定子由内定子铁心和混合永磁单元块构成,所述混合永磁单元块沿圆周方向均匀嵌置在所述定子铁心内,相邻的所述混合永磁单元块沿切向充磁且方向相反分布。

[0008] 所述外定子采用双凸极结构,电枢铁心齿和容错齿的齿数相同,外定子轭部为环状结构。

[0009] 所述电枢绕组和磁化绕组均为集中分布式绕组,电枢绕组为m相绕组,磁化绕组为单相绕组。

[0010] 所述混合永磁单元块是由稀土钕铁硼永磁体和非稀土铝镍钴永磁体呈径向并列设置的双层式结构。

[0011] 所述转子整体呈圆筒杯状,环体沿周向交错排列导磁硅钢块和磁绝缘块,形成调制环结构。

[0012] 所述混合永磁单元块的中心线与电枢铁心齿的中心线对齐,混合永磁单元块的外径等于内定子的外径,混合永磁单元块的内径等于电机轴径,非稀土铝镍钴永磁体靠近转子一侧,稀土钕铁硼永磁体靠近电机轴一侧,相邻的混合永磁单元块充磁方向相反,即NS-SN分布。

[0013] 所述外定子总齿数为X、电枢绕组相数为m、导磁硅钢块个数为q、混合永磁单元块个数为K,上述参数满足关系: $X=2mN_c=2K$ 和 $2q=X \pm 2n$,n为正整数, N_c 为一相绕组的线圈个数。

[0014] 本发明的有益效果如下:

(1) 本发明中的双定子结构实现了电枢绕组与永磁体的分离,解决了传统磁通切换永磁电机内多励磁源在空间上的相互牵制问题;

(2) 本发明中磁化绕组和电枢绕组位于外定子,内定子中仅放置混和永磁材料,简化了内定子结构,空间利用率高,易提升电机功率密度和转矩密度;

(3) 本发明中的转子近于传统磁齿轮调制环,仅充当导磁铁心的作用,结构简单、可靠性高,转动惯量小,适合高速运行;

(4) 本发明采用了稀土钕铁硼和非稀土铝镍钴混合永磁材料,一方面在有效降低稀土永磁材料的用量的同时,保证高的气隙磁密,确保了电机功率密度和转矩密度,另一方面可以实现电机气隙磁场的灵活调节,提高转速运行范围;

(5) 本发明内定子中,高磁能积的钕铁硼永磁体和低矫顽力的铝镍钴永磁体呈径向并列双层式排布,并联的混合永磁磁路结构,降低了两种不同类型永磁体的相互耦合影响作用;

(6) 本发明中电枢绕组和磁化绕组均采用集中式绕组,具有端部短、漏抗小、铜损低的优点,其中磁化电流持续时间短、损耗低、运行效率高。

附图说明

[0015] 图1 为本发明的径向截面示意图结构示意图。

[0016] 图2 为本发明中铝镍钴正向充磁时转子不同位置a、b、c、d下该电机的混合永磁磁路和磁场方向示意图。

[0017] 图3 为本发明中同一电枢绕组匝链永磁磁链变化示意图。

[0018] 图4 为本发明中转子运行到位置b时,铝镍钴永磁体充磁和极限去磁至反向充磁状态下该电机的磁力线分布图。

[0019] 图5 为本发明中铝镍钴正向满充磁和反向全去磁情况下的同一电枢绕组空载反电势波形图。

[0020] 图中:外定子1、外定子轭部1-1、电枢铁心齿1-2、容错齿1-3、电枢绕组1-4、磁化绕组1-5、转子2、导磁硅钢块2-1、磁绝缘块2-2、内定子3、内定子铁心3-1、混合永磁单元块3-2、稀土钕铁硼永磁体3-2a、非稀土铝镍钴永磁体3-2b。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步说明:

如图1所示,一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,以一台外定子12槽/转子11极/内定子6极电机为例,该电机包括由外至内顺次套接并同轴设置的外定子1、转子2和内定子3,外定子1与转子2之间、转子2与内定子3之间均有径向气隙;

外定子1包括环状的外定子轭部1-1、电枢铁心齿1-2、容错齿1-3、电枢绕组1-4和磁化绕组1-5。沿着外定子内表面圆周方向,6个电枢铁心齿1-2和6个容错齿1-3均匀交错分布。其中,电枢铁心齿1-2上绕制三相集中分布式电枢绕组1-4,容错齿上绕制单相集中分布式磁化绕组1-5;

转子2整体呈圆筒杯状,环体沿周向交错排列11块导磁硅钢块2-1和11块磁绝缘块2-2,形成类似磁齿轮的调制环结构;

内定子3中包括内定子铁心3-1和内部沿周向均匀嵌放的6个混合永磁体单元块3-2。每一个混合永磁单元块3-2均由稀土钕铁硼永磁体3-2a和非稀土铝镍钴永磁体3-2b呈径向并

列摆放构成,且中心线与相应的电枢铁心齿1-2中心线保持平齐。混合永磁单元块3-2的外径等于内定子3的外径,混合永磁单元块3-2的内径等于电机轴径,非稀土铝镍钴永磁体3-2b靠近转子2一侧,稀土钕铁硼永磁体3-2a靠近电机轴一侧。两种永磁体均为切向充磁,且相邻的混合永磁体单元块充磁方向相反,即NS-SN分布,图中箭头表示磁化方向。

[0022] 本发明电机采用双边定子结构,可以使用多种极槽配合,但需要保证所述的电枢铁心齿1-2和容错齿1-3总数 X 、电枢绕组相数 m 、转子导磁硅钢块数 q 、混合永磁体单元块数 K 满足关系: $X=2mN_c=2K$ 和 $2q=X\pm 2n$,其中, n 为正整数、 N_c 为一相绕组的线圈个数。

[0023] 如图2-3所示,一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机的运行原理如下:图2(a)、(b)、(c)、(d)分别示出转子2在不同位置a、b、c、d下,该电机的混合永磁磁路和磁场方向。其中,当转子转至位置b时,混合永磁单元块产生的磁通经过内定子铁心和转子的导磁硅钢块,进入外定子电枢铁心齿,通过外定子轭部1-1,再依次经过另一相邻的容错齿、转子的导磁硅钢块和内定子铁心,形成并联的混合永磁磁路。对于电枢绕组1-4来说,其两端会感应出相应的反电势。当转子转至位置d时,穿行于电枢绕组1-2的磁通数量不变但方向相反。即,图2(a)与图2(c)中,电枢绕组在混合永磁磁场下产生的匝链感应磁通为零,图2(b)与图2(d)中,电枢绕组匝链的磁链幅值分别为正、负最大值。于是,当转子旋转后,导磁硅钢块从混和永磁体的北极旋转到南极,对应的定子电枢绕组中即可产生如图3所示的匝链双极性磁链,其中a、b、c、d分别对应图2中的四个位置。

[0024] 如图4-5所示,一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,利用有限元仿真分析,研究磁化绕组对本发明电机磁场的调节性能。本发明电机由钕铁硼和铝镍钴永磁体共同提供气隙磁场,通过给磁化绕组施加不同大小和方向的脉冲电流产生磁场,改变铝镍钴永磁体的磁化水平,从而调节气隙磁场大小。由于磁化绕组施加的是短时电流脉冲,因此脉冲磁势不会明显影响气隙磁场。当铝镍钴永磁体与钕铁硼永磁磁通方向一致时,如图4(a)所示,可增加铝镍钴永磁体的磁化强度,气隙磁场得到增强,提高电机的负载过载能力;而当铝镍钴永磁体与钕铁硼永磁磁通方向相反时,如图4(b)所示,钕铁硼永磁将被铝镍钴永磁大量短路,混合永磁单元块内部形成回路,使得气隙磁场显著降低,在电枢绕组输入额定电流不变的情况下,降低电机的输出转矩,提高电机输出转速,起到弱磁升速的作用,能提高电机的调速范围。从而实现电机的弱磁升速运行。

[0025] 如图所示,一种少稀土类多励磁源双定子磁通切换记忆电机,空载情况下铝镍钴反向全去磁和正向满充磁时的电枢绕组反电势波形图,可以看出,反电势的有效值从20V变化至44V,变化幅度高达120%,进一步说明本发明电机中,磁化绕组可以达到在线调节非稀土铝镍钴永磁体的磁化强度和磁通密度等级的目的,从而实现本发明电机的气隙磁场的有效调节,扩宽本发明电机的调速范围。

[0026] 本电机的双定子结构实现了电枢绕组与永磁体的分离,解决了传统磁通切换永磁电机内多励磁源在空间上的相互牵制问题,本电机的磁化绕组和电枢绕组位于外定子,内定子中仅放置混和永磁材料,简化了内定子结构,空间利用率高,易提升电机功率密度和转矩密度;与此同时,采用了稀土钕铁硼和非稀土铝镍钴混合永磁材料,一方面在有效降低稀土永磁材料的用量的同时,保证高的气隙磁密,确保了电机功率密度和转矩密度,另一方面可以实现电机气隙磁场的灵活调节,提高转速运行范围。

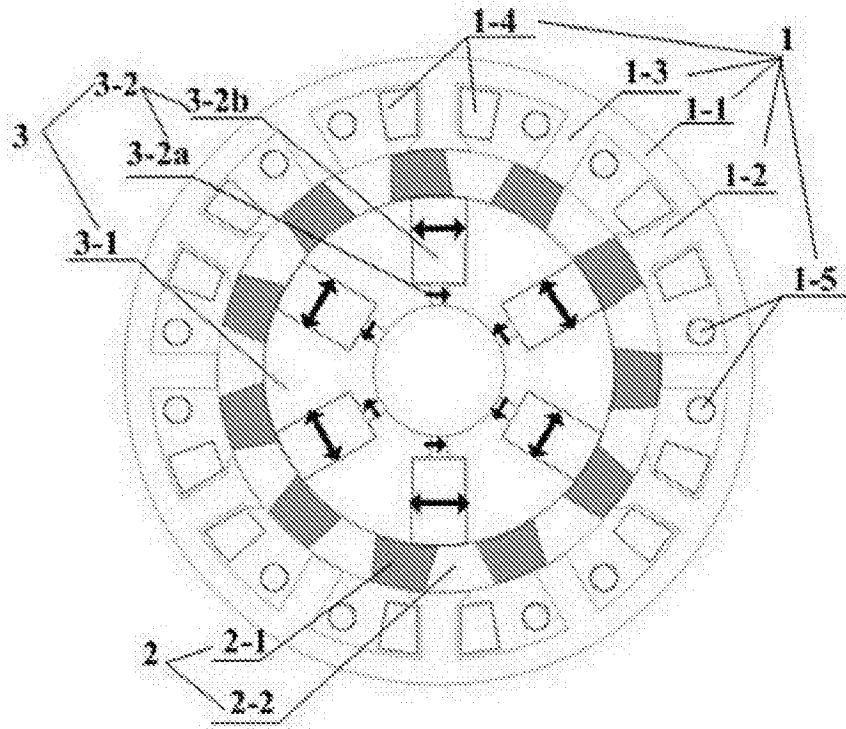


图1

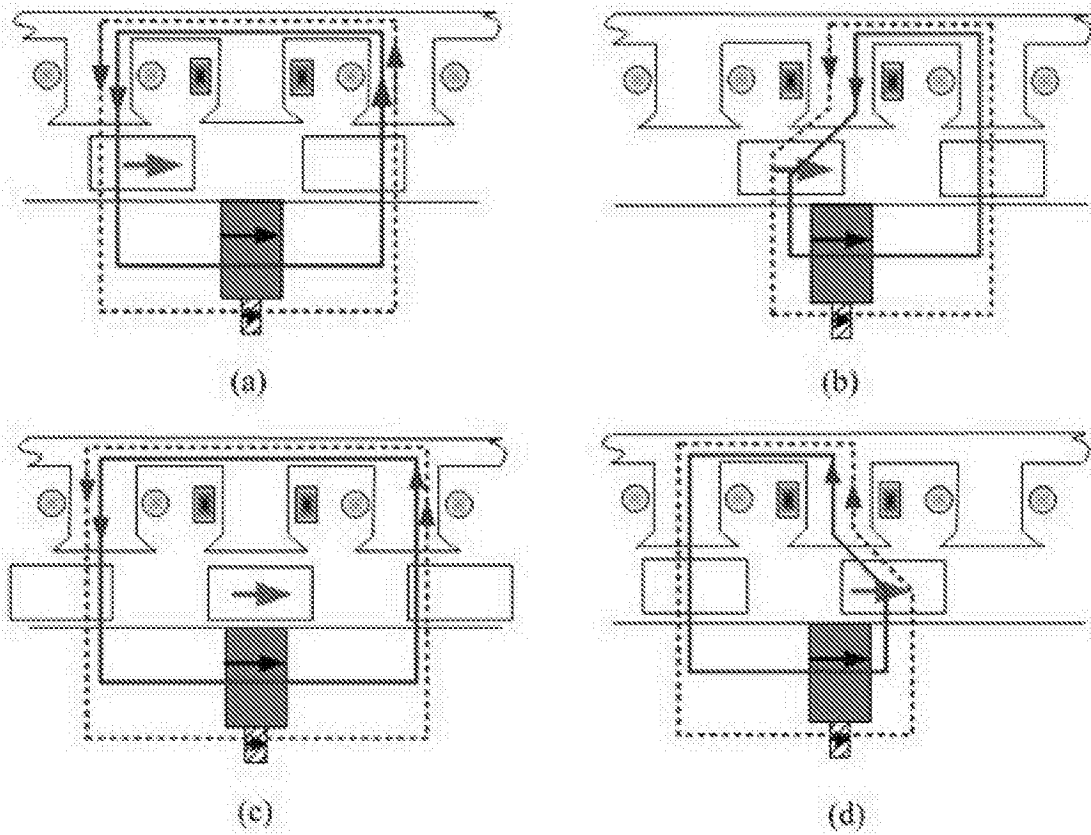


图2

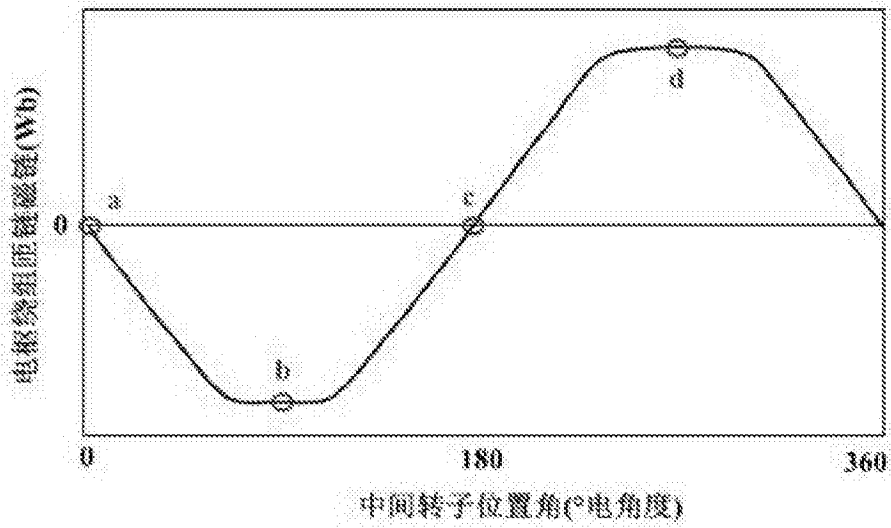


图3

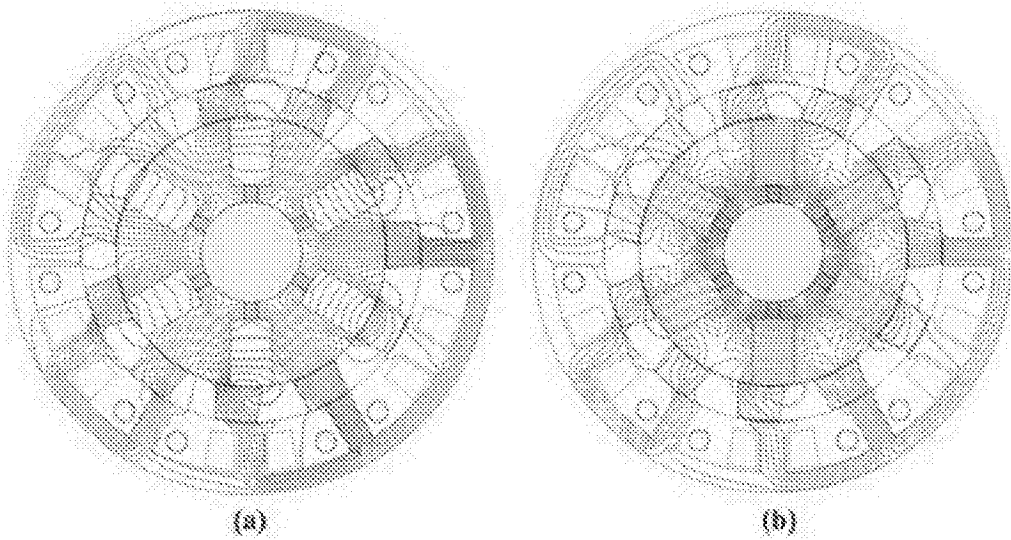


图4

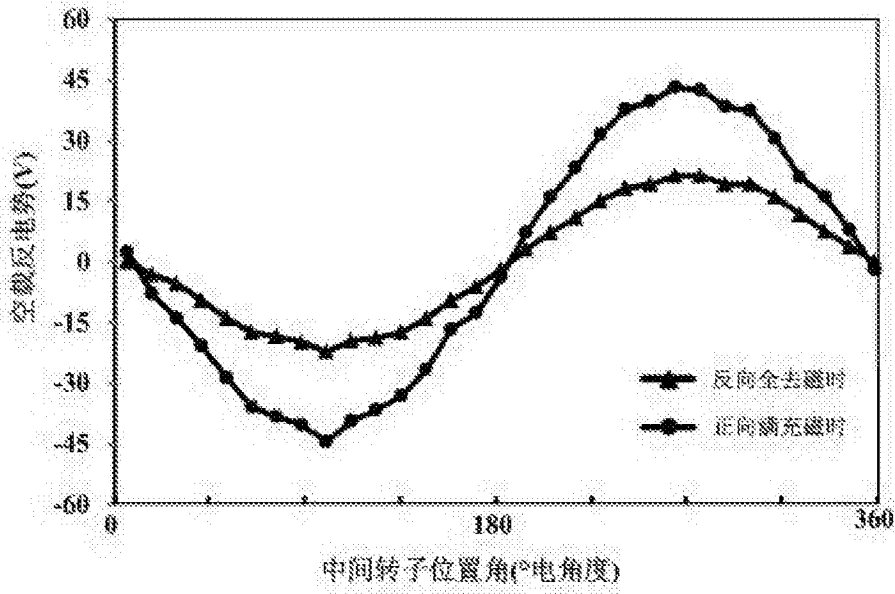


图5