



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103078466 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201210558628. 4

(22) 申请日 2012. 12. 20

(73) 专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁开发区东南
大学路 2 号

(72) 发明人 林鹤云 阳辉 金平 房淑华
黄允凯 颜建虎 张洋

(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 21/28(2006. 01)

H02K 1/17(2006. 01)

H02K 1/14(2006. 01)

H02K 3/28(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101577449 A, 2009. 11. 11, 说明书第 1 页

第 25 行 - 第 2 页第 27 行, 第 3 页第 15-35 行, 图
1-2.

CN 101079557 A, 2007. 11. 28, 全文.

JP 特开平 11-98721 A, 1999. 04. 09, 全文.

熊树等. 混合励磁分块转子磁通切换电机电
磁特性分析. 《电机与控制学报》. 2012, 第 16 卷
(第 10 期), 第 51-57 页.

审查员 陈婕

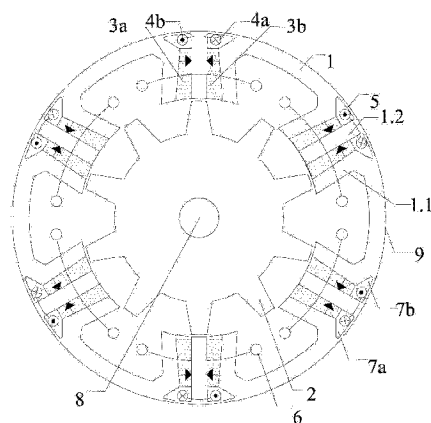
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机

(57) 摘要

本发明公开了一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机, 包括定子、转子(2) 和不导磁轴(8) 定子(1) 设在转子(2) 外部, 转子(2) 固定于不导磁轴(8) 上, 为凸极式; 定子包括定子铁芯(1)、第一永磁体(3a)、第二永磁体(3b)、三相电枢绕组(6)、第一脉冲绕组(4a) 和第二脉冲绕组(4b); 定子铁芯(1) 包括若干定子轭和自定子轭向定子铁心中心方向突出的定子齿, 相邻的定子齿之间为定子槽。本发明通过脉冲绕组施加脉冲电流调节永磁体剩余磁化强度, 实现电机空载气隙磁场可调, 提高电机的弱磁能力和转速运行范围; 同时, 聚磁式电枢齿可有效提高电机的转矩和功率密度, 减少电机的铜耗。



1. 一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机,包括定子、转子(2)和不导磁轴(8),其特征在于:定子设在转子(2)外部,转子(2)固定于不导磁轴(8)上,为凸极式;

定子包括定子铁芯(1)、第一永磁体(3a)、第二永磁体(3b)、三相电枢绕组(6)、第一脉冲绕组(4a)和第二脉冲绕组(4b);定子铁芯(1)包括若干定子轭和自定子轭向定子铁芯中心方向突出的定子齿,相邻的定子齿之间为定子槽;

第一永磁体(3a)和第二永磁体(3b)嵌入在定子齿内且相距一定距离,同一定子极中的第一永磁体(3a)和第二永磁体(3b)之间的部分为定子电枢夹心齿(1.2),第一永磁体(3a)或第二永磁体(3b)与定子轭之间的部分为导磁铁芯边(1.1),在第一永磁体(3a)与定子铁芯(1)的外周之间设有第一空腔(7a),第二永磁体(3b)与定子铁芯(1)的外周之间设有第二空腔(7b),第一脉冲绕组(4a)和第二脉冲绕组(4b)分别设置在第一空腔(7a)和第二空腔(7b)内;第一脉冲绕组(4a)、第二脉冲绕组(4b)与机壳间设有导磁桥(5);

定子铁芯(1)的形状为“C”型,材料为硅钢片,

定子电枢夹心齿(1.2)和导磁铁芯边(1.1)构成电枢齿;

三相电枢绕组(6)和第一脉冲绕组(4a)和第二脉冲绕组(4b)均为集中绕组,其中三相电枢绕组(6)缠绕在电枢齿上,第一脉冲绕组(4a)和第二脉冲绕组(4b)缠绕在定子铁芯(1)的定子轭部分,并依次首尾串联形成单相脉冲绕组(4),脉冲电流方向形成交替分布;

所述第一永磁体(3a)和第二永磁体(3b)为铝镍钴永磁材料,第一永磁体(3a)和第二永磁体(3b)沿周向切向充磁,且同一定子极中的两片永磁体沿中间电枢齿镜像对称,其形状为梯形结构;

第一空腔(7a)和第二空腔(7b)为“倒直角梯形”结构,两底角成平滑圆角状。

一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种可调磁通永磁电机,具体涉及一种新型的磁通切换型永磁记忆电机,其可以提高电机弱磁能力,适用于宽调速运行场合,属于电机制造技术领域。

背景技术

[0002] 在电机领域中,普通永磁同步电机(PMSM)由于普通永磁材料(如钕铁硼)的固有特性,电机内的气隙磁场基本保持恒定,作为电动运行时调速范围十分有限,在诸如电动汽车,航空航天等宽调速直驱场合的应用受到一定限制,故以实现永磁电机的气隙磁场的有效调节为目标的可调磁通永磁电机一直是电机研究领域的热点和难点。永磁记忆电机(以下简称“记忆电机”)是一种新型的磁通可控型永磁电机,它采用低矫顽力铝镍钴永磁体,通过定子绕组或者直流脉冲绕组产生周向磁场,从而改变永磁体磁化强度对气隙磁场进行调节,同时永磁体的磁密水平具有被永磁体记忆的特点。

[0003] 传统的记忆电机由克罗地亚裔德国电机学者奥斯托维奇(Ostovic)教授在2001年提出。这种拓扑结构的记忆电机由写极式电机发展而来,转子由铝镍钴永磁体、非磁性夹层和转子铁心组成三明治结构。这种特殊结构能够随时对永磁体进行在线反复不可逆充去磁,同时减小交轴电枢反应对气隙磁场的影响。

[0004] 然而,这种基本结构的记忆电机的转子结构存在着不足。由于采用了AlNiCo永磁体,为了获足够的磁通,就必须采用足够厚度的材料。而在上述的切向式结构下,不易实现;同时,转子必须做隔磁处理,而且整个转子由多个部分紧固在轴上,降低了机械可靠性;最后,在需要宽调速的场合,如机床和电动汽车中,采用上述结构的永磁气隙主磁通不高,电机力能指标也不能让人满意。

[0005] 近些年来,一种新型的定子永磁型电机-磁通切换永磁(Switched Flux Permanent,以下简称SFPM)电机由于其卓越的性能受到国内外学者广泛关注。SFPM电机永磁体置于定子上,特有的“聚磁效应”可以使电机在采用矫顽力较低的永磁体时获得较高的气隙磁密;转子结构非常简单,功率密度和电机效率高,空载感应电动势的正弦度极高,抵御不可逆退磁能力强。

[0006] 然而,传统SFPM电机转子铁芯存在着磁滞损耗和涡流损耗,而且气隙磁场由永磁体励磁产生,难以调节,限制了其在电动汽车宽调速驱动场合的应用;其次还存在漏磁问题,永磁体利用率不高,导致电磁兼容问题。

[0007] 法国学者伊曼纽尔·黄(E.Hoang)提出了混合励磁磁通切换永磁(Hybrid Excitation Switched Flux Permanent Magnet)电机。其特征为:实现了气隙磁场的可调节性,提高了永磁体利用率和功率密度,齿槽转矩小等优点。该电机励磁磁势和永磁磁势并联,使得其弱磁能力十分突出。但是,这种电机同时存在两个磁势源,两者磁通容易相互耦合、相互影响,增大了电机电磁特性的复杂性,且存在增大励磁损耗、励磁电流控制系统实现难度大等弱点。

发明内容

[0008] 技术问题：本发明所要解决的技术问题是：提出一种高功率密度和气隙磁通可调性突出的聚磁式磁通切换型永磁记忆电机。

[0009] 技术方案：为解决上述技术问题，本发明公开了一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机，包括定子、转子和不导磁轴，定子设在转子外部，转子固定于不导磁轴上，为凸极式；

[0010] 定子包括定子铁芯、第一永磁体、第二永磁体、三相电枢绕组、第一脉冲绕组和第二脉冲绕组；定子铁芯包括若干定子轭和自定子轭向定子铁心中心方向突出的定子齿，相邻的定子齿之间为定子槽；

[0011] 第一永磁体和第二永磁体嵌入在定子齿内且相距一定距离，同一定子极中的第一永磁体和第二永磁体之间的部分为定子电枢夹心齿，第一永磁体或第二永磁体与定子轭之间的部分为导磁铁芯边，在第一永磁体和第二永磁体与定子铁心的外周之间分别设有第一空腔和第二空腔，第一脉冲绕组和第二脉冲绕组分别设置在第一空腔和第二空腔内；第一脉冲绕组和第二脉冲绕组和机壳间设有导磁桥。

[0012] 优选的，定子铁心的形状为“C”型，材料为硅钢片，

[0013] 定子电枢夹心齿和导磁铁芯边构成电枢齿。

[0014] 优选的，三相电枢绕组和第一脉冲绕组和第二脉冲绕组均为集中绕组，其中三相电枢绕组缠绕在电枢齿上，第一脉冲绕组和第二脉冲绕组缠绕在定子铁芯的定子轭部分，并依次首尾串联形成单相脉冲绕组，脉冲电流方向形成交替分布。

[0015] 优选的，所述第一永磁体和第二永磁体为铝镍钴永磁材料，第一永磁体和第二永磁体沿周向切向充磁，且同一定子槽中的两片永磁体沿中间电枢齿镜像对称，其形状为的梯形结构。

[0016] 优选的，第一空腔和第二空腔为“倒直角梯形”结构，两底角成平滑圆角状。

[0017] 有益效果：1、整个电机整体结构简单，由于电机采用了定子永磁型结构，铝镍钴永磁体、脉冲绕组、电枢绕组均置于定子，易于散热、冷却，提高功率密度。而转子结构非常稳固，特别适用于高速运行。

[0018] 2、本电机采用的电枢绕组脉冲绕组都采用集中式绕组，有效地降低了端部长度，削减电机端部效应。且铜耗非常小，提高电机运行效率。

[0019] 3、本电机定子铁芯采用多齿结构，在保持两者定子内外径、气隙长度、转子齿宽、永磁体厚度、永磁体材料和匝数等均相同的前提下，多齿磁通切换型电机能节省大量的永磁体，简化加工。同时，轻载情况下多齿磁通切换型电机具备转矩密度高与转矩脉动小等特点。

[0020] 4、本电机能够随时对铝镍钴永磁体进行在线反复不可逆充去磁，并根据记录的充去磁参数随时调用以满足运行目标，实现气隙磁场的在线调磁，同时脉冲绕组只在非常短的时间内施加充、去磁电流。

[0021] 5、本电机继承了记忆电机突出的弱磁扩速能力，设有的导磁桥结构保证采用较少的脉冲绕组匝数就能使脉冲电流较大范围地改变铝镍钴永磁体的磁化强度，因此非常适合航空航天、电动汽车等领域。

附图说明

[0022] 图 1 为本发明的电机结构示意图,其中箭头方向表示永磁体充磁方向;

[0023] 图 2 为本发明的外转子形式,即外转子聚磁式磁通切换型永磁记忆电机,其中箭头方向表示永磁体充磁方向;

[0024] 图中:1 定子铁芯、1.1 电枢夹心齿、1.2 导磁铁芯边、2 转子铁芯、3 铝镍钴永磁体、4 单相脉冲绕组、5 导磁桥、6 三相电枢绕组、7 脉冲绕组空腔、8 非导磁转轴。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图,对本发明做进一步说明。

[0026] 本发明公开了一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机,包括定子、转子 2 和不导磁轴 8,定子 1 设在转子 2 外部,转子 2 固定于不导磁轴 8 上,为凸极式;定子包括定子铁芯 1、第一永磁体 3a、第二永磁体 3b、三相电枢绕组 6、第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b;定子铁芯 1 包括若干定子轭和自定子轭向定子铁心中心方向突出的定子齿,相邻的定子齿之间为定子槽;第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 嵌入在定子齿内且相距一定距离,同一定子极中的第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 之间的部分为定子电枢夹心齿 1.2,第一永磁体 3a 或第二永磁体 3b 与定子轭之间的部分为导磁铁芯边 1.1,在第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 与定子铁心 1 的外周之间分别设有第一空腔 7a 和第二空腔 7b,第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 分别设置在第一空腔 7a 和第二空腔 7b 内;第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 和机壳间设有导磁桥 5。

[0027] 定子铁心 1 的形状为“C”型,材料为硅钢片,定子电枢夹心齿 1.2 和导磁铁芯边 1.1 构成电枢齿。

[0028] 三相电枢绕组 6 和第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 均为集中绕组,其中三相电枢绕组 6 缠绕在电枢齿上,第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 缠绕在定子铁芯 1 的定子轭部分,并依次首尾串联形成单相脉冲绕组 4,脉冲电流方向形成交替分布。

[0029] 所述第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 为铝镍钴永磁材料,第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 沿周向切向充磁,且同一定子槽中的两片永磁体沿中间电枢齿镜像对称,其形状为的梯形结构。

[0030] 第一空腔 7a 和第二空腔 7b 为“倒直角梯形”结构,两底角成平滑圆角状。

[0031] 上述的凸极定子的电枢齿由 12 块长条“梯形”铝镍钴永磁体和 6 个“C”型定子铁芯排列组成,所述永磁体为的铝镍钴永磁材料,永磁体沿圆周切向充磁,且同一定子齿上两片永磁体沿中间电枢齿镜像对称,其形状为的梯形结构。单相脉冲绕组为集中绕组缠绕在定子轭上,相邻脉冲绕组依次首尾串联,脉冲电流方向形成交替分布,定子三相绕组均为集中绕组。

[0032] 所述的定子铁心采用的左、右永磁体沿周向充磁且极性相反,构成聚磁式电枢齿结构,永磁体采取特殊的铝镍钴永磁体,该永磁材料具有矫顽力、剩磁高的特点,采用铸造型制造工艺,温度稳定性高。永磁磁势与脉冲绕组磁势构成并联式磁路。梯形的设计能保证施加脉冲电流的磁场能较大程度地对其进行充、去磁,从而实现电机气隙磁场可调,提高电机转速运行范围和弱磁能力。

[0033] 所述的脉冲绕组空腔采用“倒梯形”的外形,并且两底角与底边之间采用圆滑过渡;脉冲励磁磁力线经铁芯、永磁体和导磁桥闭合,使得采用较少的脉冲绕组匝数就能保证

脉冲电流对铝镍钴永磁体具有较好的调磁效果。

[0034] 所述的导磁桥结构能为脉冲绕组磁路提供闭合回路,降低了励磁铜损,实现了永磁体的磁场强度的灵活可调特性。而且,导磁桥和“C”型定子铁芯为一整体。

[0035] 本发明的一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机的运行原理如下:

[0036] 电机的电枢绕组里匝链的磁通(磁链)会根据转子的不同位置切换方向,因此会感应出正弦波形、双极性的反电动势,转子连续旋转时,定子绕组中匝链的磁通方向呈周期性改变,实现机电能量转换。由于定、转子齿形成的凸极效应以及定、转子齿数的不对等交错特性,聚磁式磁通切换永磁记忆电机实质上是一种新型磁阻感应式永磁电机。

[0037] 最关键的是,聚磁式磁通切换型永磁记忆电机的脉冲绕组在平时正常运行处于开路状态,由铝镍钴永磁体单独提供气隙磁场,避免了励磁损耗,通过施加脉冲电流产生磁场对铝镍钴永磁体增、去磁,从而由具备新的磁密水平的永磁体提供气隙磁场。由于永磁体的“记忆”功能,可以通过调节脉冲电流的方向和大小,来实现电机气隙磁场的灵活可控性,并且拓宽电机作为电动机运行时的恒功率运行范围。

[0038] 如附图 1 所示,本发明一种聚磁式磁通切换型永磁记忆电机,主要包括包括定子、转子 2 和不导磁轴 8,定子 1 设在转子 2 外部;转子 2 固定于不导磁轴 8 上,为凸极式;定子包括定子铁芯 1、第一永磁体 3a、第二永磁体 3b、三相电枢绕组 6、第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b;、定子铁芯 1 包括若干定子齿和自定子齿外周向外延伸的若干定子轭,相邻的定子齿之间为定子槽;

[0039] 第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 嵌入在定子齿内且相距一定距离,同一定子齿中的第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 之间的部分为定子电枢夹心齿 1.2,第一永磁体 3a 或第二永磁体 3b 与定子轭之间的部分为导磁铁芯边 1.1,在第一永磁体 3a 和第二永磁体 3b 与定子铁心 1 的外周之间分别设有第一空腔 7a 和第二空腔 7b,第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 分别设置在第一空腔 7a 和第二空腔 7b 内;第一脉冲绕组 4a 和第二脉冲绕组 4b 和机壳间设有导磁桥 5。

[0040] 上述的所述的第一永磁体 3a、第二永磁体 3b 和“C”型定子硅钢片 1 的导磁铁芯边 1.1 构成电枢齿;三相电枢绕组 6 和脉冲绕组 4 均为集中绕组,其中三相电枢绕组 6 缠绕在电枢齿上,而脉冲绕组 4 缠绕在“C”型定子铁芯的定子轭部分,并依次首尾串联形成单相脉冲绕组。如附图 1 具体所示,定子具有 6 个绕有电枢绕组的电枢齿,12 个脉冲绕组腔 7。

[0041] 通过给三相电枢绕组加载频率为 f 三相电压,在三相电枢绕组中流过频率为 f 的三相电流,于是电机的转速 $n = 60 \cdot f/p$ (p 为电机极对数),则可以通过控制施加在三相电枢绕组的电压大小和频率来调节电机的转速。而单相的脉冲绕组直接连接直流电源,根据电机运行的需要对脉冲绕组加载瞬态正向或者反向的脉冲电流对电机的铝镍钴永磁体进行充、去磁作用,从而影响电机的气隙磁场,实现电机磁通的完全可控。

[0042] 上述的倒直角梯形脉冲绕组空腔 7 和机壳间设有导磁桥结构 7,导磁桥与“C”型定子铁芯可以为以一整体,为脉冲磁势磁力线提供相应的并联磁路,使得该发明采用较少的脉冲绕组匝数就能保证脉冲电流对铝镍钴永磁体 3 具有较好的在线调磁效果。

[0043] 本发明的分析同样适用于外转子磁通切换型永磁记忆电机,以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:本电机的转子可以采用斜槽方式,有利于提高反电动势的正弦性,实现电机的无位置传感器运行。

[0044] 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内。

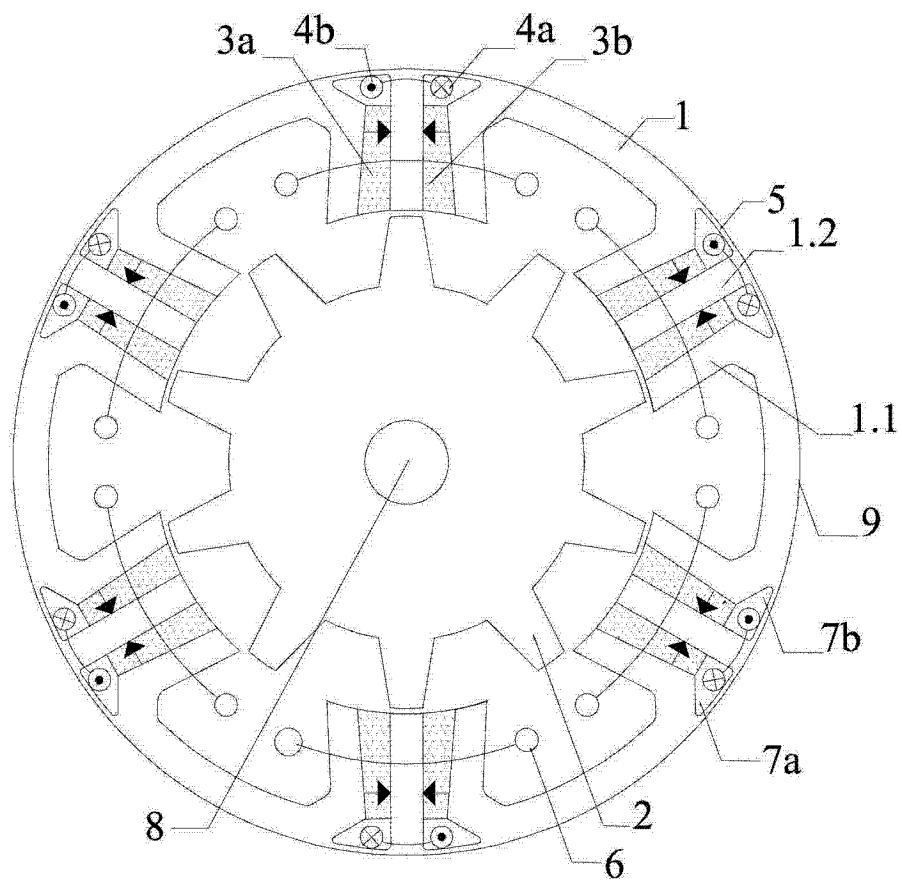


图 1

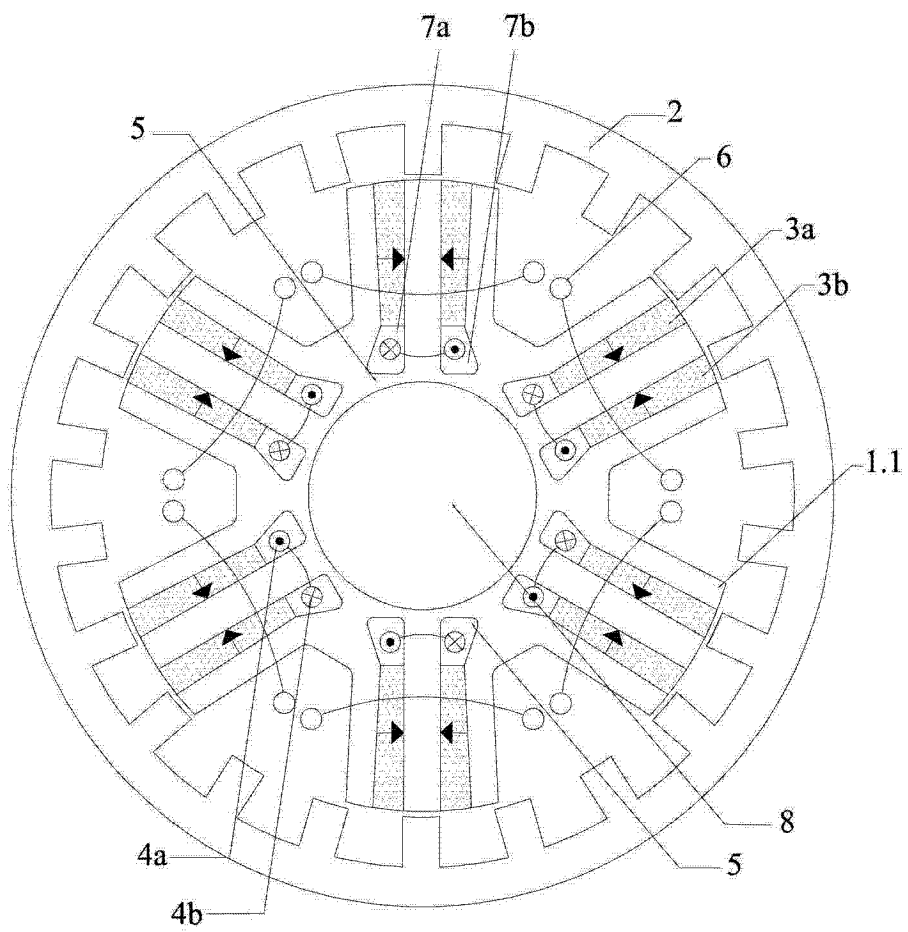


图 2