



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103066719 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201210539414. 2

US 2004041483 A1, 2004. 05. 04, 全文.

(22) 申请日 2012. 12. 14

Yi Du 等. Design and Analysis of Linear Stator Permanent Magnet Vernier Machines. 《IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS》. 2011, 第47卷(第10期), 全文.

(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

审查员 夏兵秀

(72) 发明人 吉敬华 赵文祥 赵建兴 朱纪洪

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

H02K 1/17(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1521922 A, 2004. 08. 18, 说明书第2页第1行至第3页第10行, 附图1.

CN 102570754 A, 2012. 07. 11, 说明书0013-0018, 附图3.

JP 特开 2010-114984 A, 2010. 05. 20, 全文.

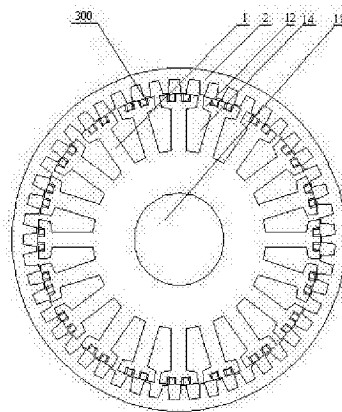
权利要求书1页 说明书3页 附图6页

(54) 发明名称

一种聚磁式定子永磁型游标电机

(57) 摘要

本发明公开一种聚磁式定子永磁型游标电机, 转子位于定子外部, 转子和定子之间具有气隙, 定子在靠近气隙的一端有定子齿和定子槽, 每个定子齿齿端有虚齿和虚槽, 每个定子齿齿端沿圆周方向的两端都为虚齿, 虚齿数比虚槽数多一个; 一个虚槽内嵌有一个由一块径向充磁永磁体和两块切向充磁永磁体构成的永磁体单元, 径向充磁永磁体的两侧均紧密贴一块切向充磁永磁体, 一个虚槽里的两块切向充磁永磁体的充磁方向相对, 每个径向充磁永磁体的极性一致; 由于设有虚齿, 因此可减少永磁体的用量, 降低成本; 通过永磁体之间的相互配合, 能有效降低齿部漏磁通, 提高输出转矩和功率密度。



1. 一种聚磁式定子永磁型游标电机, 转子(2) 位于定子(1) 外部, 转子(2) 和定子(1) 之间具有气隙, 其特征是: 定子(1) 在靠近气隙的一端有定子齿(12) 和定子槽(14), 定子槽(14) 内放置绕组, 每个定子齿(12) 齿端有虚齿(102) 和虚槽(101), 每个定子齿(12) 齿端沿圆周方向的两端都为虚齿(102), 虚齿数比虚槽数多一个; 一个虚槽(101) 内嵌有一个由一块径向充磁永磁体(32) 和两块切向充磁永磁体(31、33) 构成的永磁体单元(300), 径向充磁永磁体(32) 的体积大于单个切向充磁永磁体(31、33) 的体积, 径向充磁永磁体(32) 的两侧均紧密贴合一块切向充磁永磁体(31、33), 一个虚槽(101) 里的两块切向充磁永磁体(31、33) 的充磁方向相对, 每个径向充磁永磁体(32) 的极性一致, 一块径向充磁永磁体(32) 和两块切向充磁永磁体(31、33) 沿半径方向的高度都相等;

转子(2) 由转子齿(21) 和转子轭(22) 组成, 转子齿(21) 面对气隙的一端为梯形结构, 转子齿(21) 靠近气隙侧的齿宽与转子齿(21) 的齿距之比为 0.2~0.5, 转子齿(21) 靠近气隙侧的齿宽与转子齿(21) 靠近转子轭(22) 的齿宽之比为 0.1~0.9;

永磁体单元(300) 产生磁场分布的极对数 $P = |N_3 - N_4|$, N_3 是径向充磁永磁体(32) 数目, N_4 是转子齿(21) 数目;

磁通由径向充磁永磁体(32) 提供, 磁力线从永磁体单元(300) 出发, 通过气隙、正对转子齿(21), 从另外的转子齿(21) 经气隙回到永磁体单元(300) 中形成闭合回路。

2. 根据权利要求 1 所述的一种聚磁式定子永磁型游标电机, 其特征是: 径向充磁永磁体(32) 所占弧度角占永磁体单元(300) 所占弧度角之比为 0.6~0.9, 单个切向充磁永磁体(31、33) 所占弧度角占永磁体单元(300) 所占弧度角之比为 0.05~0.2。

3. 根据权利要求 1 所述的一种聚磁式定子永磁型游标电机, 其特征是: 虚槽(101) 所占弧度角与虚齿(102) 所占弧度角之比为 0.8~1.1。

一种聚磁式定子永磁型游标电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高功率密度的电动机或发电机,属于永磁电机领域。

背景技术

[0002] 游标电机具有低速大转矩的特点,因此在如轨道交通、船舶推进、食品加工和电动汽车等领域具有较好的应用。由于转子永磁型电机是将永磁体置于转子上,这给电机的冷却带来一定的困难,而温度过高会影响电机的稳定运行,特别是当温度超过永磁体的居里温度,则会导致永磁体永久性失磁,使得电机运行故障。定子永磁型电机是将永磁体置于定子上,转子无绕组也无永磁体,结构简单,通过定子外壳腔体水冷能有效地降低绕组和永磁体的温升,提高电机功率密度。

[0003] 文献 IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 47(10):4219-4222, 2011(Design and Analysis of Linear Stator Permanent Magnet Vernier Machines)介绍了一种直线式定子永磁型游标电机,将永磁体置于定子齿端,但该定子永磁型游标电机在定子齿端、转子齿端及气隙中存在较为严重的漏磁,严重影响了电机的有效磁通接触面积,使得电机有效气隙磁密减小,导致绕组中感应的反电势大大降低,从而功率密度与同体积的转子永磁型电机相比较低,电机利用率低。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了解决现有定子永磁型游标电机中漏磁严重、气隙中磁密较小、定子绕组中反电势较小、永磁体用量过大的问题而提出一种聚磁式定子永磁型游标电机。

[0005] 本发明采用的技术方案是:转子位于定子外部,转子和定子之间具有气隙,定子在靠近气隙的一端有定子齿和定子槽,每个定子齿齿端有虚齿和虚槽,每个定子齿齿端沿圆周方向的两端都为虚齿,虚齿数比虚槽数多一个;一个虚槽内嵌有一个由一块径向充磁永磁体和两块切向充磁永磁体构成的永磁体单元,径向充磁永磁体的两侧均紧密贴一块切向充磁永磁体,一个虚槽里的两块切向充磁永磁体的充磁方向相对,每个径向充磁永磁体的极性一致。

[0006] 本发明由于设有虚齿,因此可以减少永磁体的用量,从而降低电机的制造成本;本发明中的磁通主要由径向充磁的永磁体提供,磁力线从永磁体出发,通过气隙、转子齿、气隙回到永磁体中形成闭合的回路;通过永磁体之间的相互配合,能够有效降低齿部漏磁通,有效增加磁路中的磁密,提高气隙磁通密度,因此绕组中反电势能够有效提高,提高输出转矩和功率密度。本发明的电机结构不但可以用作旋转电机,对直线电机也同样可以适用。

附图说明

[0007] 以下仅结合五相电机的附图和具体实施例描述本发明:

[0008] 图 1 为本发明五相聚磁式定子永磁型游标电机的径向结构示意图;

- [0009] 图 2 为图 1 中转子 2 结构的展开放大图；
- [0010] 图 3 为图 1 中定子 1 的局部结构放大图；
- [0011] 图 4 为图 1 中一个定子齿 12 的结构放大图；
- [0012] 图 5 为传统五相定子永磁型游标电机与本发明电机绕组为集中绕组时反电势波形对比示意图；
- [0013] 图 6 为传统五相定子永磁型游标电机与本发明电机绕组为分布绕组时反电势波形对比示意图；
- [0014] 图 7 为本发明电机绕组为集中绕组跟分布绕组时反电势波形对比示意图；
- [0015] 图 8 为本发明电机 A 相绕组为集中绕组的连接方式；
- [0016] 图 9 为本发明电机 A 相绕组为分布绕组的连接方式；
- [0017] 图 10 为传统五相定子永磁型游标电机部分磁密图；
- [0018] 图 11 为本发明电机部分磁密图；
- [0019] 图中：1. 定子；2. 转子；12. 定子齿；14. 定子槽；19. 槽；21. 转子齿；22. 转子轭；31、32、33. 永磁体；101. 虚槽；102. 虚齿；300. 永磁体单元。

具体实施方式

[0020] 参见图 1, 本发明包含同轴的定子 1 和转子 2, 转子 2 位于定子 1 外部。定子 1 的中心有开槽 19, 用于安放转轴。转子 2 和定子 1 之间具有气隙, 气隙的厚度根据电机大小及要求所取。定子 1 由定子齿 12 和定子槽 14 组成, 定子槽 14 用来放置绕组, 定子齿 12 的齿端镶嵌永磁体单元 300。

[0021] 转子 2 的具体结构及比例关系见图 2, 转子 2 由转子齿 21 和转子轭 22 组成, 转子齿 21 的齿高和转子轭 22 可根据需要进行优化。转子齿 21 面对气隙的一端为梯形结构, 转子齿 21 靠近气隙侧的齿宽 S_1 与转子齿 21 的齿距 T_p 之比 K_1 满足如下关系式: $K_1 (S_1/T_p) = 0.2 \sim 0.5$; 转子齿 21 靠近气隙侧的齿宽 S_1 与转子齿 21 靠近转子轭 22 的齿宽 S_2 之比满足如下关系式: $K_2 (S_1/S_2) = 0.1 \sim 0.9$, 具体大小由电机本身决定; 转子齿 21 与转子轭 22 的材料由硅钢片叠压或者导磁材料加工而成。

[0022] 见图 1、3、4 所示, 定子 1 的齿端开槽中内嵌永磁体单元 300, 永磁体单元 300 由三个永磁体 31、32、33 构成。定子 1 在靠近气隙的一端也开槽形成齿槽结构, 即定子齿 12 和定子槽 14。定子槽 14 可以采用各种槽型, 根据具体需要选取。定子齿 12 主要特征集中在其齿端。见图 3, 设电机的齿数为 N , $N=1, 2, 3, \dots, n$, 在每个定子齿 12 的齿端沿开槽, 形成虚齿 102 和虚槽 101, 虚齿数 N_2 比虚槽数 N_1 多一个, 即 $N_2 = N_1 + 1$, 每个定子齿 12 齿端沿圆周方向的两端都为虚齿 102。每个虚槽 101 的弧度角为 θ_3 , 每个虚齿 102 的弧度角为 θ_4 , 虚槽 101 与虚齿 102 所占弧度角之为 K , $K (\theta_3 / \theta_4) = 0.8 \sim 1.1$ 。

[0023] 一个虚槽 101 里内嵌有一个永磁体单元 300, 见图 4 所示, 一个永磁体单元 300 由一块径向充磁永磁体 32 和两块切向充磁永磁体 31、33 构成。径向充磁永磁体 32 的体积大于单个切向充磁永磁体 31、33 的体积, 径向充磁永磁体 32 位于虚槽 101 的中间, 径向充磁永磁体 32 的两侧分别均紧密贴一块切向充磁永磁体 31、33, 一个虚槽 101 里的两块切向充磁永磁体 31、33 的充磁方向相对, 每个径向充磁永磁体 32 的极性保持一致。充磁方向见图 4 上的箭头所示。切向充磁永磁体 31、33 起聚磁作用。

[0024] 每个永磁体 31、32、33 沿半径方向的高度都相等。径向充磁永磁体 32 所占的弧度角占整个永磁体单元 300 所占的弧度角的百分比为 K_3 , $K_3 = 0.6 \sim 0.9$ 。单个切向充磁永磁体 31 或 33 所占的弧度角占整个永磁体单元 300 所占的弧度角的百分比为 K_4 , $K_4 = 0.05 \sim 0.2$ 。

[0025] 磁通主要由径向充磁永磁体 32 提供,磁力线从永磁体单元 300 出发,通过气隙、正对转子齿 21,从另外的转子齿 21 经气隙回到永磁体单元 300 中形成闭合的回路;切向充磁永磁体 31、33 起减小漏磁的作用。

[0026] 永磁体单元 300 产生磁场分布的极对数 p 与径向充磁永磁体 32 数目 N_3 和转子齿 21 数目 N_4 配合有关,二者的绝对值之差就是磁场分布的极对数 p ,用公式表示就是: $P = |N_3 - N_4|$ 。如果径向充磁永磁体 32 数 N_3 为 50,转子齿 21 数 N_4 为 59,那么永磁体产生磁场的极对数 p 就是 9;如果 N_3 保持不变,转子齿 21 数 N_4 为 41,永磁体产生磁场的极对数 p 也是 9。

[0027] 本发明电机可根据需要设计成单相或是多相电机,每相绕组可以采用集中或是分布式绕组,需要指出的就是:如果不改变其他的条件,只改变绕组的连接方式,分布式绕组产生的反电动势要远远大于集中绕组。此外,对分布绕组而言,极对数越多,绕组中感应的反电动势越小。而集中绕组对这种情况不明显。

[0028] 图 5 为传统五相定子永磁游标电机(A1 波形线)和本发明电机(A2 波形线)的绕组为集中绕组时的反电势波形图。可以看到在相同尺寸时,传统五相定子永磁型游标电机反电势幅值为 60V 左右,而本发明电机的反电势幅值超过 130V。

[0029] 图 6 为传统五相定子永磁游标电机(A 波形线)和本发明电机(B 波形线)的绕组为分布式绕组时的反电势波形图,在保持其余参数不变的情况下,可以看到传统五相普通定子永磁游标电机的反电势幅值为 240V 左右,而本发明电机的反电势幅值能够超过 500V。

[0030] 图 7 为本发明电机的绕组为分布绕组(B1 波形线)跟集中绕组(B2 波形线)时的反电势波形图,可以看到不改变其别的条件,只改变绕组连接方式,分布绕组的反电势要远大于集中绕组。

[0031] 图 8、图 9 为本发明电机 A 相绕组为集中绕组和分布式绕组的连接方式。A+ 表示进,A- 表示出。51、52、54、55 分别代表端部绕组。对比图 10 的磁力线 41 和图 11 的磁力线 42 可以看到,本发明电机能够有效的减小漏磁,增加电机的功率密度。

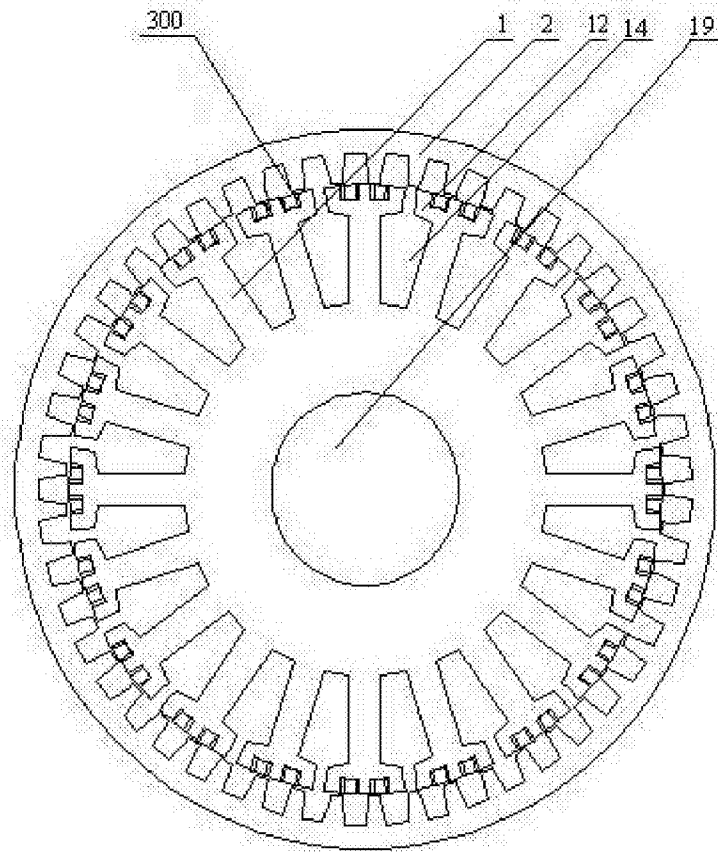


图 1

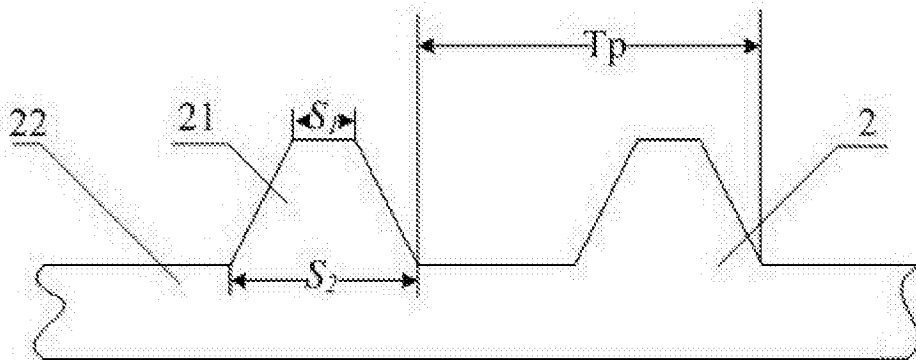


图 2

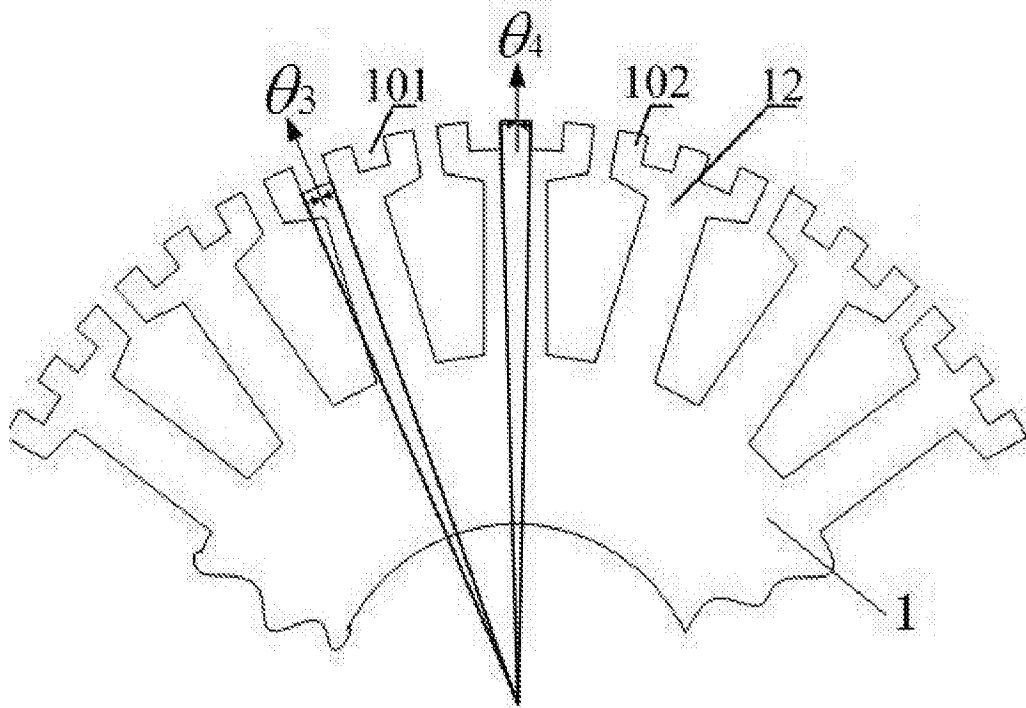


图 3

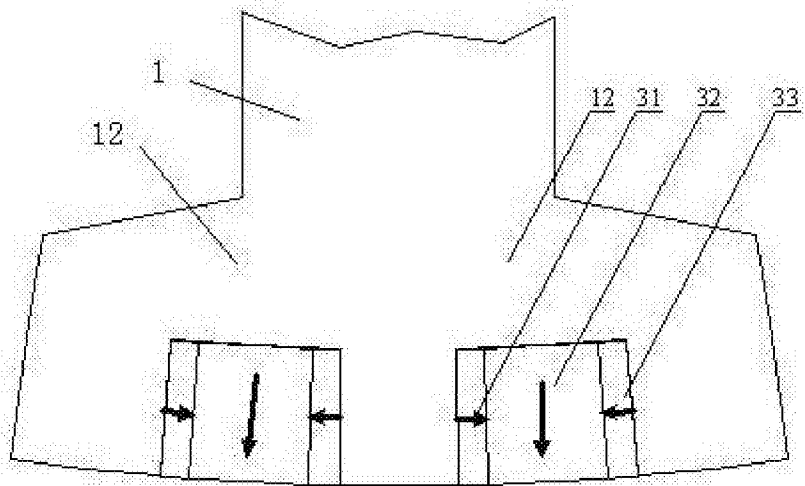


图 4

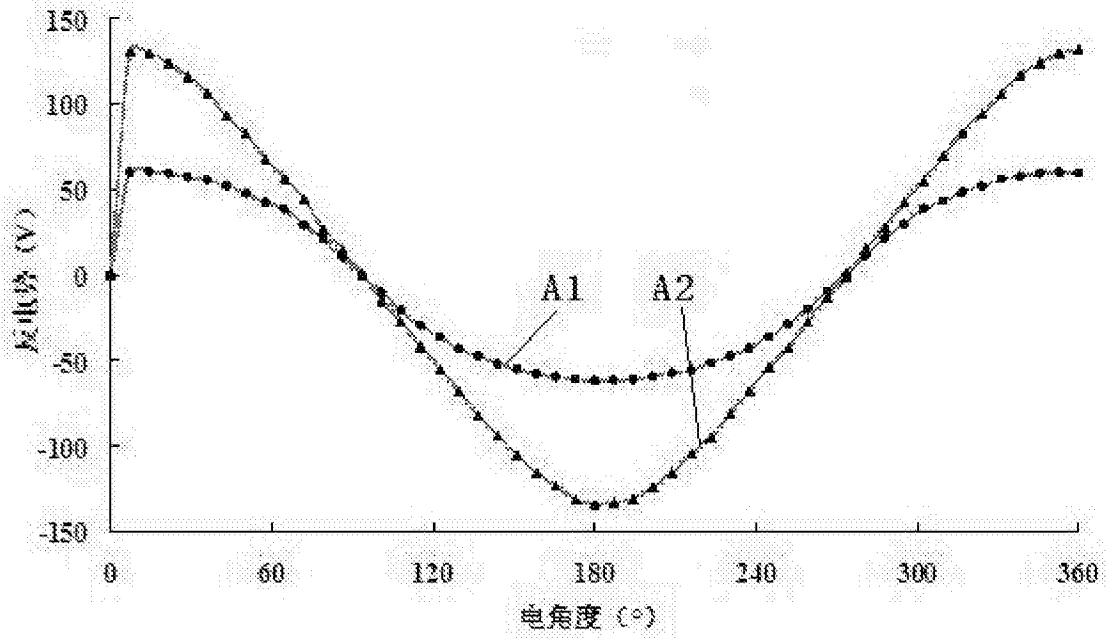


图 5

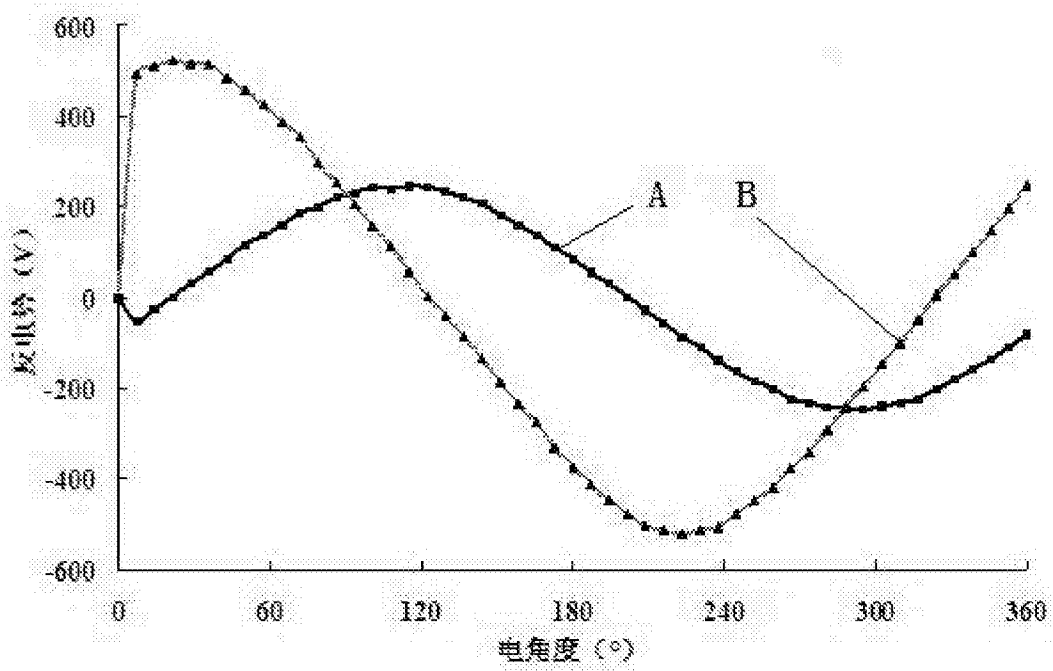


图 6

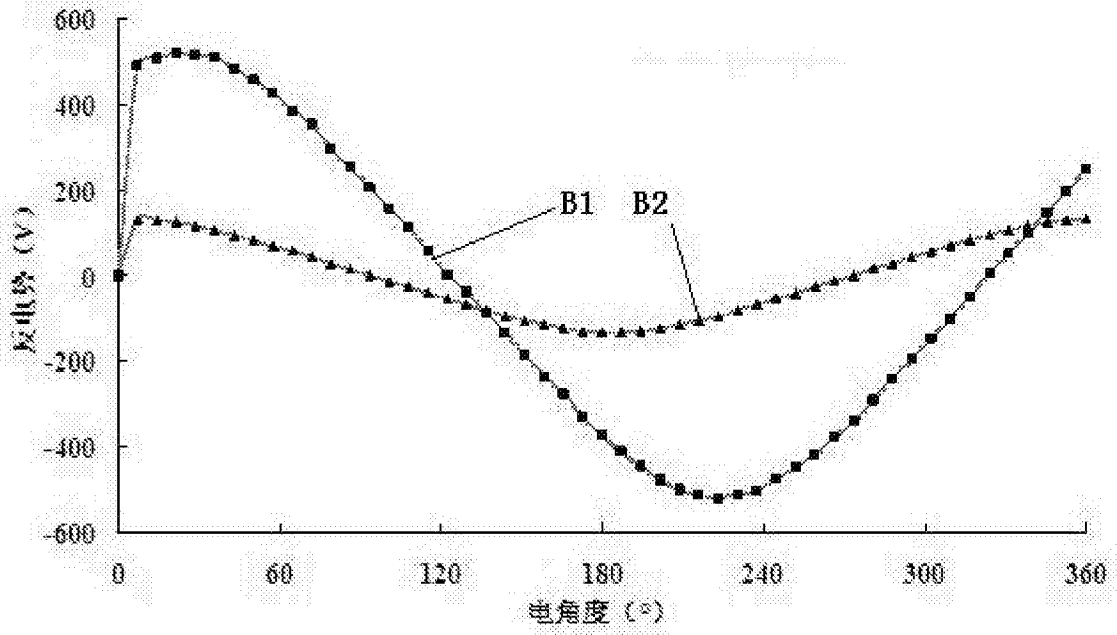


图 7

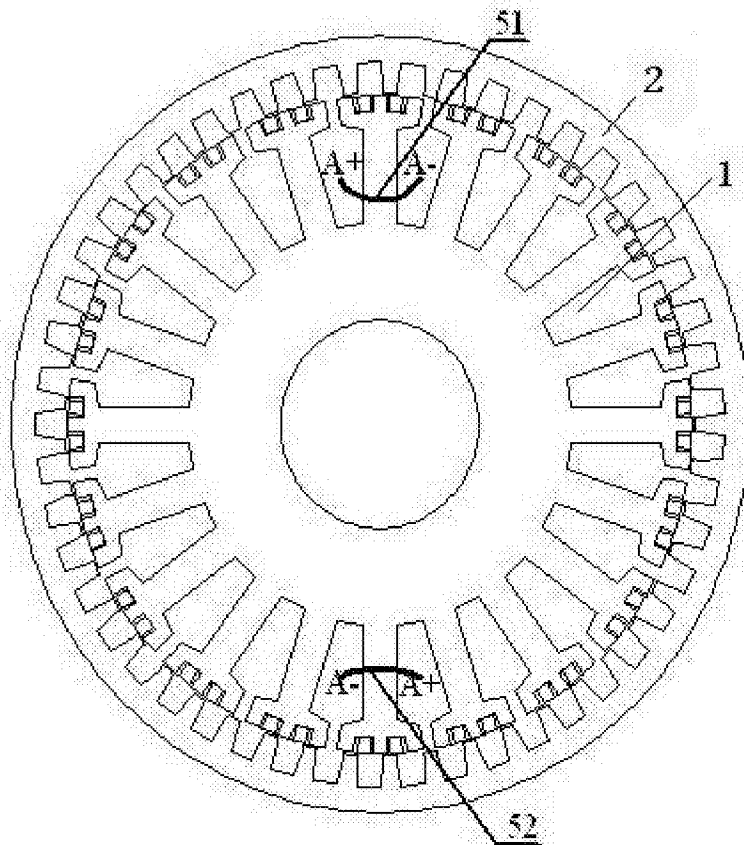


图 8

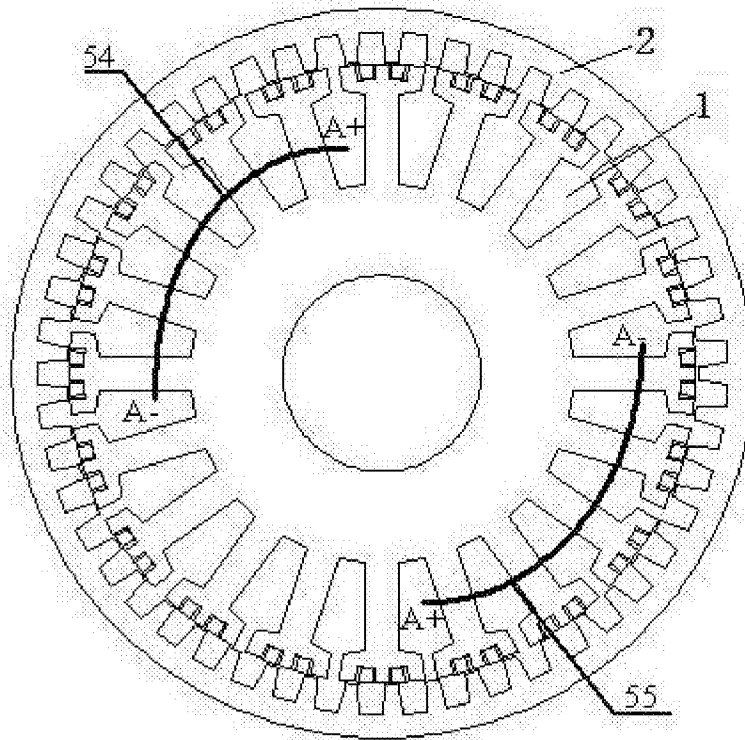


图 9

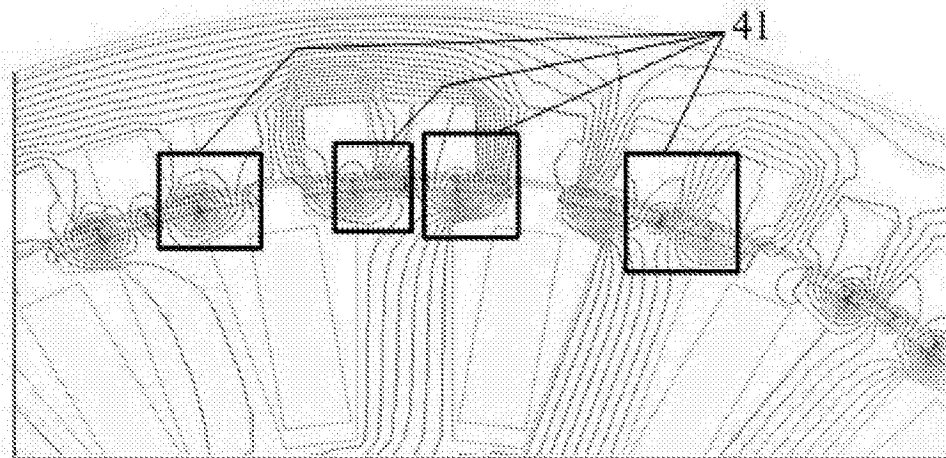


图 10

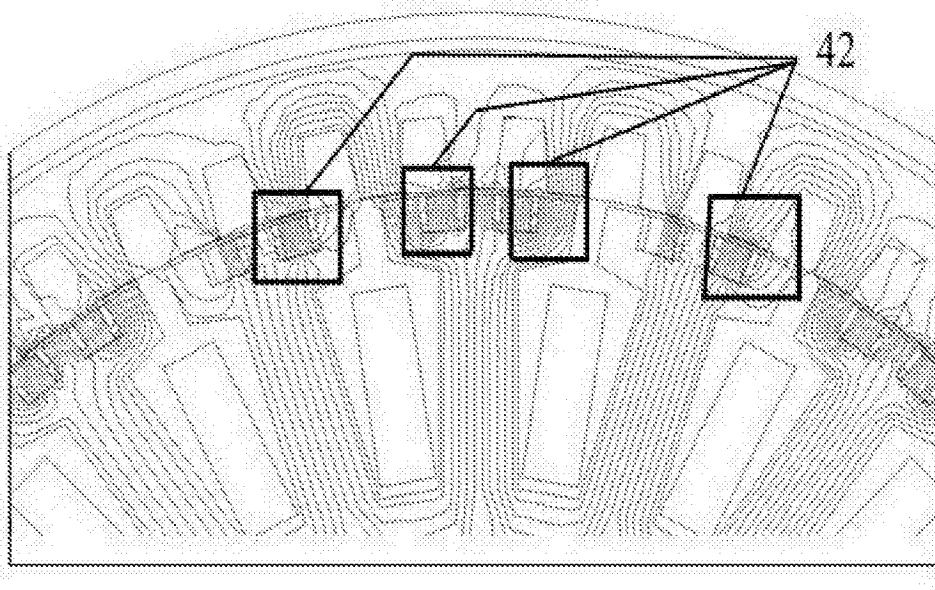


图 11