(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103178672 B
(45)授权公告日 2015.03.18

(21)申请号 201310119939.5
(22)申请日 2013.04.08
(73)专利权人 东南大学
地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号
(72)发明人 花为 张淦 程明
(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所（普通合伙） 32249
代理人 陈建和
(51)Int.Cl.
H02K 21/00(2006.01)
H02K 21/04(2006.01)
H02K 1/17(2006.01)

审查员 薛梅

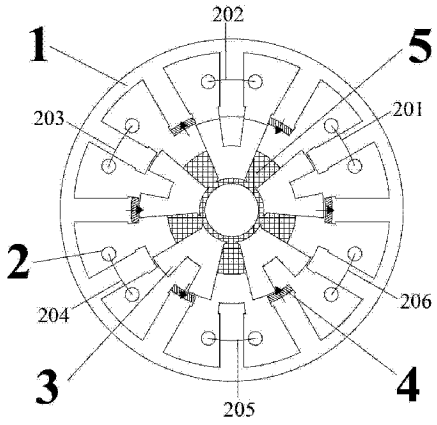
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机

(57)摘要

模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，包括：定子，转子，永磁体，集中式电枢绕组和隔磁材料；定子和转子都为双凸极结构，在定子上设置有集中式电枢绕组和永磁体；凸极结构的定子分为两组，分别是贴有永磁体的定子齿即永磁齿和套有电枢绕组线圈的定子齿即电枢齿，且电枢齿和永磁齿交替分布成环状；集中式电枢绕组的各线圈分别套在定子各电枢齿上，电枢绕组各线圈匝链的磁链呈双极性变化；组成每一相电枢绕组的各线圈为串联或串并联连接，各径向充磁的永磁体分别贴装于一个定子永磁齿面向转子的表面，且相邻两块永磁体的充磁方向相反；凸极结构的转子由若干 U 型导磁铁心和隔磁机构组成环形；相邻的 U 型导磁铁心由导磁桥间隔并组装。



CN 103178672 B

1. 模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，包括定子，转子，永磁体，集中式电枢绕组和隔磁机构；其特征在于定子和转子都为双凸极结构，在定子上设置有集中式电枢绕组和永磁体；凸极结构的定子分为两组，分别是贴有永磁体的定子齿即永磁齿和套有电枢绕组线圈的定子齿即电枢齿，且电枢齿和永磁齿交替分布成环状；集中式电枢绕组的各线圈分别套在定子各电枢齿上，电枢绕组各线圈匝链的磁链呈双极性变化；组成每一相电枢绕组的各线圈为串联或串并联连接，各径向充磁的永磁体分别贴装于一个定子永磁齿面向转子的表面，且相邻两块永磁体的充磁方向相反；凸极结构的转子由若干 U 型导磁铁心和隔磁机构沿圆周交替排列组成环形；相邻的 U 型导磁铁心在隔磁机构的径向内部通过导磁桥相互连接。

2. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，导磁桥（6）和转子 U 型导磁铁心材料相同，均是硅钢片。

3. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，所述集中电枢绕组线圈（2）的每个线圈分别套在一个定子电枢齿上。

4. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，组成一相的电枢绕组线圈之间具有绕组互补性。

5. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，根据特定的定转子齿槽配合，所述的集中式电枢绕组（2）的各线圈连接成单相或多相电枢绕组。

6. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，所述各永磁体（4）均为径向充磁，且相邻两块永磁体的充磁方向相反；所述永磁体（4）是铁氧体或钕铁硼。

7. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，所述转子 U 型导磁铁心（3）通过导磁桥（6）连接成为一个整体。

8. 根据权利要求 1 所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，转子 U 型导磁铁心（3）和隔磁机构（5）位于定子（1）的外部，变成外转子结构。

9. 根据权利要求 1 － 8 之一所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，所述定子（1）的定子铁心、转子 U 型导磁铁心（3）和导磁桥（6）的材料均为硅钢片。

10. 根据权利要求 1 － 8 之一所述的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，其特征在于，所述隔磁机构（6）的材料是铜。

一种模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机制造的技术领域，尤其是是一种电枢线圈匝链双极性永磁磁链、具有较高永磁体利用率、采用模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机。

背景技术

[0002] 随着能源危机的不断加剧，采用永磁励磁取代电励磁以节省能源消耗已成为全世界的共识，同时由于我国是世界上稀土资源最丰富的国家，开发研究和推广应用新型结构的稀土永磁电机，具有重要的理论意义和实用价值。无论作发电还是电动运行，具有高效率、大转矩(功率)密度和低损耗等特点的新型永磁电机正呈现加速发展的趋势。过去十多年来研究热点一直集中于以表面贴装式、插入式和内嵌式为代表的转子永磁型电机。

[0003] 然而，将永磁体放置于转子的电机类型在设计和运行过程中都会产生一系列问题，集中体现为以下五点：

[0004] 1、对永磁体粘贴在转子表面或插入转子凸极之间的结构，为了克服高速运行所产生的离心力影响，通常需要制作辅助的永磁体固定装置，增加了工艺；并且永磁体处于定子和转子之间，加大了气隙长度，既增加了电机体积，又减弱了气隙磁密，限制出力；

[0005] 2、对永磁体埋入转子铁心内部的内嵌式结构，会影响转子的机械强度，并且需要辅助磁桥，同样会增加制作工艺和成本；

[0006] 3、永磁体置于转子，不利于该类型电机的冷却，为了散热往往需要进行特别的风路或其它冷却方式设计；

[0007] 4、目前广泛采用的磁钢都是居里温度较低的钕铁硼，受温升影响导致永磁电机存在一定的退磁甚至完全失磁风险；

[0008] 5、若期望利用定子电枢绕组对磁钢进行充磁或者去磁，对于转子永磁型的结构，定子电枢绕组磁势需要经过气隙磁阻，导致充磁成本增加甚至不可行。

[0009] 另一方面，在上个世纪90年代末，国际上陆续出现了三种新型结构的定子永磁型电机，即磁通脉动永磁电机、磁通切换永磁电机和磁通反向永磁电机，其结构共性为将永磁体和电枢绕组都置于定子、定转子铁心都为双凸极、电枢绕组都采用集中式线圈组成、转子上既无永磁体也无绕组，仅由硅钢片等导磁材料组成。但三种结构的定子永磁型电机区别在于永磁体的排放位置，其中，磁通反向永磁电机将永磁体贴装于定子齿面向转子的表面，两块永磁体并排位于同一个定子齿表面下，磁化方向相反。其目的是为了获得双极性的永磁磁链，但该结构直接导致两块磁钢和定子齿形成短路，漏磁严重，降低了单位磁钢的利用率。而传统的定子表面贴装式永磁电机的电枢磁链呈现单极性变化，永磁体利用率较低。本发明的目的就是针对该类型磁通反向永磁电机的缺点，提出了一种新型结构的采用模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机。

发明内容

[0010] 本发明的目的是，提出一种模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，该电

机结构简单、坚固，电枢线圈匝链的空载永磁磁链呈双极性变化，具有高度近似方波或者正弦波的空载感应电势，较高的永磁利用率，同时具备较强的抗去磁能力，适用于交流调速系统的驱动元件。

[0011] 本发明的技术方案是：模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，包括：定子，转子，永磁体，集中式电枢绕组和隔磁材料；其特征在于定子和转子都为双凸极结构，在定子上设置有集中式电枢绕组和永磁体；凸极结构的定子齿分为两组，分别是贴有永磁体的定子齿即永磁齿和套有电枢绕组线圈的定子齿即电枢齿，且电枢齿和永磁齿交替分布成环状；集中式电枢绕组的各线圈分别套在定子各电枢齿上，电枢绕组各线圈匝链的磁链呈双极性变化；组成每一相电枢绕组的各线圈为串联或串并联连接，各径向充磁的永磁体分别贴装于一个定子永磁齿面向转子的表面，且相邻两块永磁体的充磁方向相反；凸极结构的转子由若干 U 型导磁铁心和隔磁机构组成环形，且各 U 型导磁铁心的下端分别嵌于隔磁环中；相邻的 U 型导磁铁心由导磁桥间隔并组装。隔磁机构在固定转子 U 型导磁铁心的同时，也可以减小风阻。隔磁机构可以是铜、铝等非导磁材料。

[0012] 所述转子 U 形导磁单元之间通过导磁桥(6)连接在一起，导磁桥(6)材料采用内部磁场高度饱和，磁阻较大，可以有效的防止漏磁。

[0013] 永磁体可以是铁氧体、钐钴或者钕铁硼等其他类型永磁材料。

[0014] 组成一相的电枢绕组线圈具有绕组互补性，即使组成一相的各电枢绕组线圈匝链的磁通的高次谐波可以相互削弱甚至抵消。

[0015] 本发明的有益效果：

[0016] 1、本发明的电机中，集中式电枢绕组和永磁体均位于定子侧，有利于改善电机运行时的冷却条件，便于电机散热；

[0017] 2、本发明的电机保留了传统双凸极电机的定转子均为凸极结构的特性，因此较容易得到接近方波或正弦波的每相绕组感应电势波形，控制方式较为灵活，适应不同的交流调速与伺服驱动场合。

[0018] 3、在磁通反向双凸极永磁电机中，每个定子齿下贴有两块充磁方向相反的永磁体，永磁体间漏磁较为严重，而本发明电机中每个定子永磁齿上只贴有一块永磁体，显著削弱了永磁体漏磁，提高了永磁体利用率。

[0019] 4、相比较于传统的定子表面贴装式双凸极永磁电机，该发明电机中只有一半数目的定子齿下贴有永磁体，电枢绕组各线圈匝链的磁通为双极性，在永磁体用量相同时，输出转矩要显著高于传统的定子表面贴装式双凸极永磁电机。

[0020] 5、在本发明电机中，由于放置电枢绕组的定子齿和贴装永磁体的定子齿交替分布，电枢绕组磁路和永磁体所在磁路非直接耦合，因此永磁体具有较高的抗去磁能力，提高了电机的运行可靠性。

[0021] 6、由于本发明电机的电枢绕组采用了集中绕组方式，线圈端部较短，有利于提高电机效率和降低制造成本。由于电机自身结构的特征，使得组成一相电枢绕组的各线圈具有绕组互补性，可以显著降低合成磁链的谐波含量，提高系统运行可靠性和降低转矩脉动。

[0022] 7、相比较于传统的定子表面贴装式双凸极永磁电机，由于本发明电机采用了模块化转子，使得在减小永磁体用量的同时，令电机电枢绕组各线圈的磁链呈现双极性变化，提高了永磁体的利用率。本发明电机中电枢绕组磁链呈双极性，组成一相绕组的线圈之间具

有绕组互补性，可以得到近似方波或者正弦波的空载感应电势，适用于交流调速系统的驱动元件。

附图说明

[0023] 图 1 为本发明电机的横向剖视图，图中有定子铁心 1、电枢绕组线圈 2、转子铁心 3、永磁体 4 和隔磁机构 5；

[0024] 图 2 为本发明电机添加导磁桥的横向剖视图，图中有定子铁心 1、电枢绕组线圈 2、转子铁心 3、永磁体 4、隔磁机构 5 和导磁桥 6；

[0025] 图 3 为本发明电机工作原理图；图 3a 和图 3b 对应转子二个位置；随着转子位置的不同，电枢线圈中会匝链交变的磁链，因此随着转子位置不同，电枢线圈中将产生交变的感应电动势；

[0026] 图 4 为本发明电机三相电枢绕组空载永磁磁链图；

[0027] 图 5 为本发明电机三相电枢绕组空载感应电势图；

[0028] 图 6 为本发明电机电枢绕组互补性说明图。

具体实施方式

[0029] 下面将参照附图对本发明进行说明。

[0030] 本发明公开了一种模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机，包括定子铁心、转子铁心、集中式电枢线圈、永磁体和隔磁机构，如图 1 所示。本发明的模块化转子的定子表面贴装式双凸极永磁电机包括定子和转子两个部分，根据不同的应用场合可以采取内转子或外转子两种形式，所述定子和转子都为凸极结构，定子槽数 N_s 和转子凸极极数 P_r 有多种配合，电机相数 m 可以为单相、两相、三相或多相；在定子上设置有集中电枢绕组和永磁铁，所述定子齿分为两组，分别是贴有永磁体的定子齿（称为永磁齿）和套有电枢线圈的定子齿（称为电枢齿），且电枢齿和永磁齿交替分布构成环状。所述集中电枢绕组的各线圈分别套在一个定子电枢齿上，即绕在电枢齿两侧的齿槽内；其中，任何一相集中绕组由（$N_s/2m$）个线圈组成，属于同相的（$N_s/2m$）个绕组线圈可以根据需要串联或串并联连接，例如三相共 24 个电枢齿和永磁齿时，电枢齿和永磁齿各有 12 个，12 个电枢齿上各套有一个电枢线圈，因此共有 12 个电枢线圈。由处在空间相互垂直位置的一组 4 个电枢线圈串联成一相电枢绕组，即此组四个线圈在空间上呈第一个“十”字形，12 个电枢线圈的另外二组各 4 个电枢线圈串联成一相电枢绕组亦在空间上呈分别第二、三个十”字形与第一个“十”字形形成 30° 和 60°，按照此方法分别连接成三相对称电枢绕组）。所述永磁体均为径向充磁，各永磁体分别贴装于一个定子永磁齿面向转子的表面，且相邻两块永磁体的充磁方向相反；所述永磁体的材料可以是铁氧体或钕铁硼等其他永磁材料。所述转子由 U 型导磁铁心和隔磁机构组成，且各 U 型导磁铁心分别嵌于隔磁机构（环状，均匀开槽）中，转子部分既无永磁铁也无绕组。所述的转子 U 形导磁铁心之间可以通过导磁桥连接在一起，使得电机转子铁心成为一个整体，如图 2 所示。所述导磁桥和转子 U 型导磁铁心材料相同，均是硅钢片等导磁材料，但由于导磁桥内部磁场高度饱和，使得导磁桥的磁导率接近空气，可以显著削弱漏磁，令导磁桥无导磁效果，只起到将转子 U 型导磁铁心连接为一体的作用。

[0031] 图 3A 和 3B 为本发明电机的工作原理图，由图 3A 和 3B 可见，对应不同的转子位置，

随着转子位置的不同，电枢线圈中会匝链交变的双极性磁链，因此随着转子位置不同，电枢线圈中将产生交变的感应电动势。充磁方向 4 — 1、电枢磁链 7。

[0032] 图 4 和图 5 所示分别是电枢绕组三相永磁磁链和空载感应电势波形(如图 1 中所示，由线圈 201 和线圈 204 串联成为 A 相电枢绕组；由线圈 202、线圈 205 串联成为 B 相电枢绕组；由线圈 203 和线圈 206 串联成为 C 相电枢绕组)。

[0033] 图 6 所示为本发明电机绕组互补性说明图。如图所示，组成 A 相电枢绕组的线圈 201 和线圈 204 各自均含有大量的高次谐波，而由线圈 201 和线圈 204 合成的 A 相电枢绕组磁链中谐波含量显著降低，可见本发明电机中组成一相的电枢线圈之间具有绕组互补性。

[0034] 需要说明的是，本发明电机中，每个定子永磁齿下只贴有一块永磁体，且电枢磁链呈双极性变化，使得永磁体利用率要显著高于磁通反向双凸极永磁电机和传统的定子表面贴装式永磁电机。

[0035] 电枢感应电势可以是正弦波或方波。

[0036] 转子 U 型导磁铁心 3 和隔磁机构可以位于定子的外部，变成外转子结构。

[0037] 所述定子铁心、转子铁心和导磁桥的材料均为硅钢片或其他导磁材料。所述隔磁机构(6)的材料是铜等其他不导磁材料。

[0038] 所述电机可作为发电机或电动机运行。

[0039] 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。

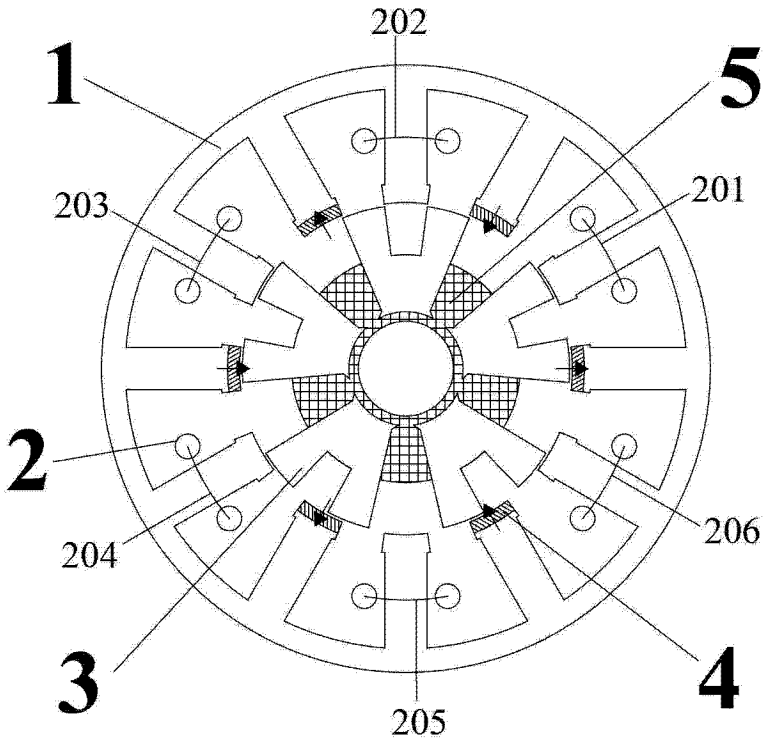


图 1

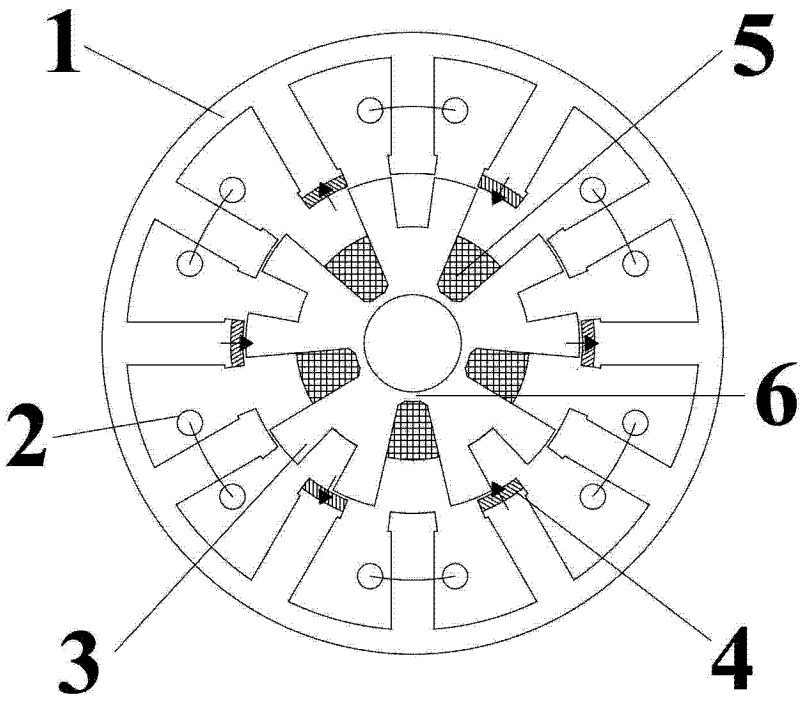


图 2

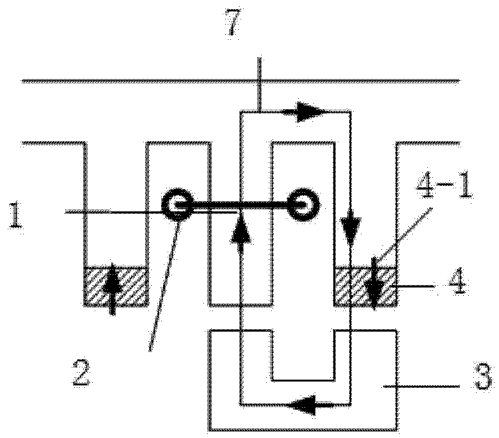

7
1
4-1
4
2
3

图 3A

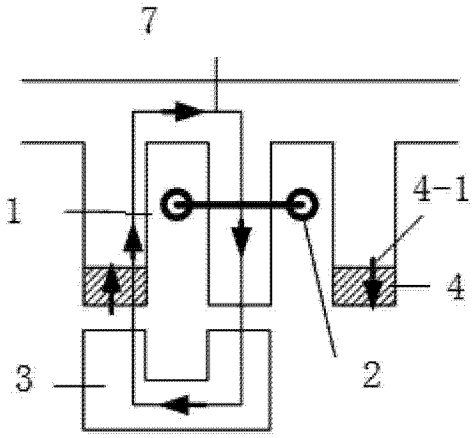

7
1
4-1
4
3
2

图 3B

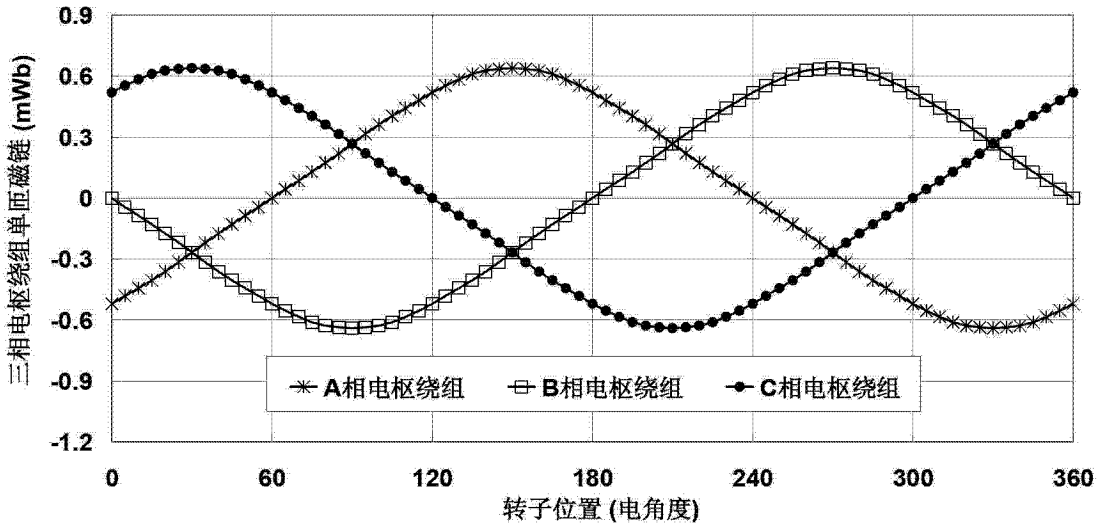

三相电枢绕组单匝磁链 (mWb)
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
0
60
120
180
240
300
360
转子位置 (电角度)
A相电枢绕组
B相电枢绕组
C相电枢绕组

图 4

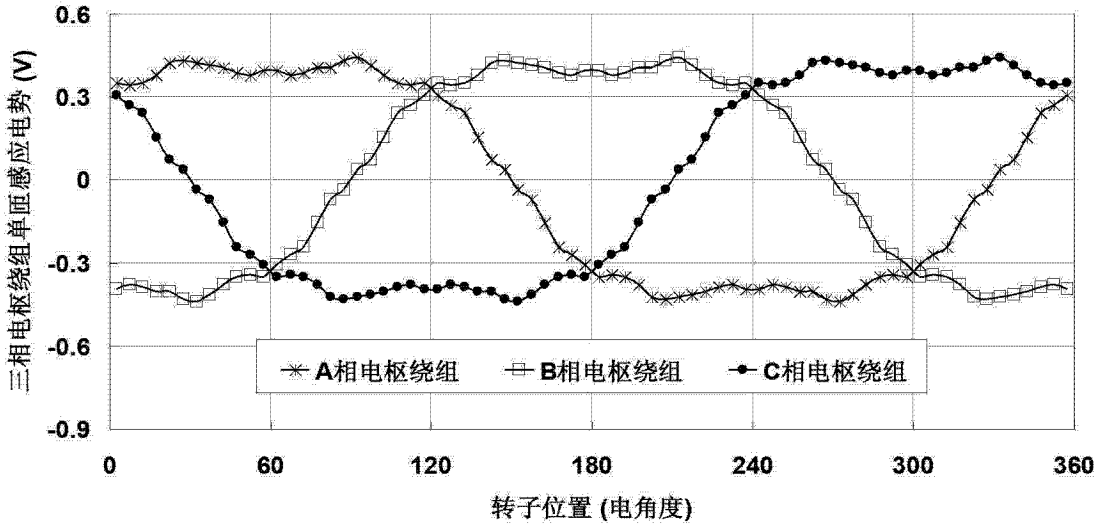

0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
三相电枢绕组单匝感应电势 (V)
A相电枢绕组
B相电枢绕组
C相电枢绕组
0
60
120
180
240
300
360
转子位置 (电角度)

图 5

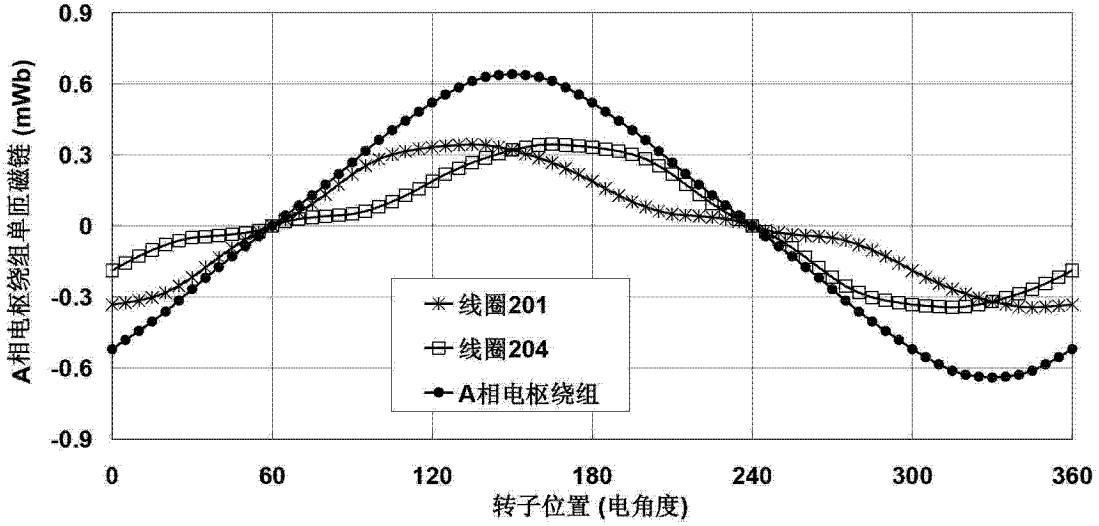

0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
A相电枢绕组单匝磁链 (mWb)
线圈201
线圈204
A相电枢绕组
0
60
120
180
240
300
360
转子位置 (电角度)

图 6