

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510093634.7

[51] Int. Cl.

H02K 3/12 (2006.01)

H02K 3/28 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 21/12 (2006.01)

H02K 29/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100405704C

[22] 申请日 2005.8.31

[21] 申请号 200510093634.7

[73] 专利权人 北京中科三环高技术股份有限公司
地址 100080 北京市海淀区中关村南三街
8 号

[72] 发明人 王玉国 贾敬东

[56] 参考文献

CN1601854A 2005.3.30

CN1409461A 2003.4.9

US2002/0167242A1 2002.11.14

CN2713714Y 2005.7.27

CN2377762Y 2000.5.10

审查员 史文庆

[74] 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司
代理人 高存秀

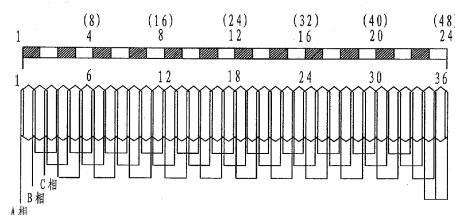
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组

[57] 摘要

本发明涉及永磁无刷电机中的分数槽绕组，该绕组的线圈嵌放在定子铁芯槽中，与转子上 N、S 极交替排布的磁极相对应，所述绕组的节距为 1 槽距，双层叠绕；其特征在于，磁极数 P 与铁芯槽数 Z 及相数 M 和分布数 Q 满足如下条件：1) 当分布数 Q 为奇数时，铁芯槽数 $Z = Q \times M \times K$ ，磁极数 $P = Z \pm K$ ；其中 K 为自然数；2) 当分布数 Q 为偶数时，铁芯槽数 $Z = Q \times M \times K$ ，磁极数 $P = Z \pm 2K$ ；其中 K 为自然数。本发明可以适用各种尺寸和功率等级的低速大转矩永磁无刷电机，由于线圈节距为 1 槽距，电机绕组的端部长度可以显著缩短，既可以节省绕组材料又节能；同时本发明绕组的制作工艺简单，适宜大批量工业化生产；另外，本发明还可以降低永磁体的加工成本。



1、一种低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，该绕组的线圈嵌放在定子铁芯槽中，与转子上 N、S 极交替排布的磁极相对应，所述绕组的绕组节距为 1 槽距，双层叠绕，在一个相带内分布 Q 个串联绕组构成一相绕组，其他相绕组按电机相序依次循环排布；其特征在于，磁极数 P、铁芯槽数 Z、相数 M 和 Q 之间满足如下条件：

1) 当 Q 为奇数时，铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm K$ ；其中 $Q=1、3、5、7、9、\dots$ ，相数 $M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、\dots$ ，K 为自然数 1、2、3、4、5、 $\dots$ ；

2) 当 Q 为偶数时，铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm 2K$ ；其中 $Q=2、4、6、8、10、\dots$ ，相数 $M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、\dots$ ，K 为自然数 1、2、3、4、5、 $\dots$ 。

2、按权利要求 1 所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，其特征在于，所述磁极为永磁材料制成的磁极，永磁磁极转子是内转子、外转子或端面转子。

3、按权利要求 2 所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，其特征在于，所述的永磁材料为钕铁硼永磁材料。

4、按权利要求 1 所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，其特征在于，所述的定子铁芯的结构为有槽结构。

5、按权利要求 1 所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，其特征在于，所述分数槽绕组安装在永磁无刷电动机或永磁无刷发电机中。

低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组

技术领域

本发明属于永磁无刷电机技术领域，具体的说，本发明涉及永磁无刷电机中多相多极的绕组节距为 1 槽距的分数槽绕组。

背景技术

无刷电机是二十世纪五十年代随着电子技术的迅速发展而发展起来的一种新型直流电机，应用范围越来越广，不仅局限在微型高速驱动电机领域，在中小型低速大转矩直接驱动系统中也显露其优良特性。无刷电机的绕组通常采用三相星型绕组，最少的磁极数是 2 极，对应的槽数最少为 6 槽，若为 4 极，则为 12 槽等等，即槽数通常是磁极的 3（相数）倍（叶金虎等：《无刷直流电动机》，科学出版社(第一版)1982.1，pp 17-20)；在低速无刷电机系统中，多数采用多极结构或多相多极结构，实现低速平稳的大转矩输出。但是，随着磁极和相数的增加，一定尺寸的电机槽数就增加几倍，受机械工艺的限制，磁极和相数也不能过多，所以，低速大转矩的特性受到一定的限制。由于传统的分数槽绕组的工艺复杂性，且槽数远大与磁极数，所以分数槽绕组多数在大型水轮发电机中和特殊用途的交流电机中采用，多数电机都不采用。

发明内容

本发明的目的是提供一种应用于无刷电机中的绕组节距为 1 槽距的分数槽绕组，该分数槽绕组可实现槽数与磁极数相近，可应用于低速大转矩永磁无刷电机中。

为实现上述发明目的，本发明提供的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，该绕组的线圈嵌放在定子铁芯槽中，与转子上 N、S 极交替排布的磁极相对应，所述绕组的节距为 1 槽距，双层叠绕，在一个相带内分布 Q 个串联绕组构成一相绕组，其他相绕组按电机相序依次循环排布；其特征在于，磁极数 P 与铁芯槽数 Z 及相数 M 和 Q 满足如下条件：

1) 当 Q 为奇数时，铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm K$ ；其中 $Q=1、3、$

5、7、9、……，相数 $M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、……$ ， K 为自然数 1、2、3、4、5、……；

2) 当 Q 为偶数时，铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm 2K$ ；其中 $Q=2、4、6、8、10、……$ ，相数 $M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、……$ ， K 为自然数 1、2、3、4、5、……。

上述技术方案中，所述磁极为钕铁硼永磁材料制成的磁极，永磁磁极转子可以是内转子、外转子或端面转子。

上述技术方案中，所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，定子铁芯的结构可为有槽结构或无槽结构。

上述技术方案中，所述的低速大转矩永磁无刷电机的分数槽绕组，可安装在永磁无刷电动机或永磁无刷发电机中。

本发明可以适用各种尺寸和功率等级的低速大转矩永磁无刷电机。由于线圈节距为 1 槽距，电机绕组的端部长度可以显著缩短，即可以节省绕组材料（同时由于电机轴向长度缩短等又可以节省结构材料）又节能（减少电机铜损耗及附加损耗）；同时绕组的制作工艺简单，可以直接手工嵌绕或自动嵌线机嵌线，适宜大批量工业化生产。对于一定尺寸的永磁无刷电机而言，随着永磁磁极的增多，可使导磁轭磁密降低，减少了用铁量，使电机重量减轻；同时对瓦型（内转子、外转子磁体）永磁体的曲率半径加大，可用长方体代替，降低了永磁体的加工成本。

附图说明

图 1 是分布数 $Q=1$ 时的三相绕组展开图

图中绕组的排布规律是：槽数 $Z=Q \times M \times K$ （ M 表示相数即 $M=3$ ， K 为自然数 1、2、3、4、5、6、……）为 3、6、9、12、15、18……时，则磁极数 $P=Z \pm K$ 取值为 2、4、6、8、10、12……（当取“-”时，为短距），或取值为 4、8、12、16、20、24……（当取“+”时，为长距）

图 2 是分布数 $Q=2$ 时的三相绕组展开图

图中绕组的排布规律是：槽数 $Z=Q \times M \times K$ （ M 表示相数即 $M=3$ ， K 为自然数 1、2、3、4、5、6、……）为 6、12、18、24、30、36……时，则磁极数 $P=Z \pm$

2K 取值为 4、8、12、16、20、24……（当取 “－” 时，为短距），或取值为 8、16、24、32、40、48……（当取 “＋” 时，为长距）

图 3 是分布数 Q=3 时的三相绕组展开图

图中绕组的排布规律是：槽数 $Z=Q\times M\times K$ （M 表示相数即 $M=3$ ，K 为自然数 1、2、3、4、5、6、……）为 9、18、27、36、45、54……时，则磁极数 $P=Z\pm K$ 取值为 8、16、24、32、40、48……（当取 “－” 时，为短距），或取值为 10、20、30、40、50、60……（当取 “＋” 时，为长距）

图 4 是分布数 Q=4 时的三相绕组展开图

图中绕组的排布规律是：槽数 $Z=Q\times M\times K$ （M 表示相数即 $M=3$ ，K 为自然数 1、2、3、4、5……）为 12、24、36、48、60……时，则磁极数 $P=Z\pm 2K$ 取值为 10、20、30、40、50……（当取 “－” 时，为短距），或取值为 14、28、42、56、70……（当取 “＋” 时，为长距）

图 5 是电动汽车轮毂电动机局部结构图

图 6 是永磁风力发电机的局部结构图

图 7 小功率永磁无槽端面（平面）转子无刷电机绕组表面示意图

具体实施方式

下面以最常见的三相（即 $M=3$ ）无刷电机为例说明本发明的永磁磁极数（P）与铁芯槽数（Z）及相数（M）和分布数（Q）的规律（多相电机依次类推）：

当分布数 Q 为奇数 1、3、5、7、9、……时，电机的铁芯槽数 $Z=M\times Q\times K$ ，磁极数 $P=Z\pm K$ ，其中 K 为自然数 1、2、3、4、5、……，磁极数 $P=Z+K$ 时为长距绕组， $P=Z-K$ 时为短距绕组。

当 M、Q 取值确定后，槽数与极数按照一定的规律分布，下面以表格的形式给出几个例子。表 1 中是 $M=3$ ， $Q=1$ 时的槽数与极数的关系，表 2 中是 $M=3$ ， $Q=3$ 时的槽数与极数的关系，表 3 中是 $M=3$ ， $Q=5$ 时的槽数与极数的关系。

K 值		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…
铁芯槽数 Z		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	…
磁极数 P	短距	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	…
	长距	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	…

表 1

K 值		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
铁芯槽数 Z		9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	...
磁极数	短距	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	...
P	长距	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	...

表 2

K 值		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
铁芯槽数 Z		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	...
磁极数	短距	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	...
P	长距	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	...

表 3

同理，当 M=3，Q=7、9……时，以上述的 3 个例子类推可以得到相应的槽数与极数的关系。

当分布数 Q 为偶数 2、4、6、8、10、……时，电机的铁芯槽数 $Z=M \times Q \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm 2K$ ，磁极数 $P=Z+2K$ 时为长距绕组， $P=Z-2K$ 时为短距绕组。

当 M、Q 取值确定后，槽数与极数按照一定的规律分布，下面同样以表格的形式给出几个例子。表 4 中是 M=3，Q=2 时的槽数与极数的关系，表 5 中是 M=3，Q=4 时的槽数与极数的关系。

K 值		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
铁芯槽数 Z		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	...
磁极数	短距	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	...
P	长距	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	...

表 4

K 值		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
铁芯槽数 Z		12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	...
磁极数 P	短距	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	...
	长距	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	...

表 5

同理，当 M=3，Q=6、8……时，以上述 2 个例子类推可以得到相应的槽数与极数的关系。

图 1、2、3、4 为三相（M=3 时）绕组的不同参数下的展开图，同理可以得出两相（M=2）、四相（M=4）、五相（M=5）等等一系列的绕组展开图，根据电机的设计要求，采用不同的槽数与极数的配合，达到最佳的设计效果。对于无槽结构的无刷电机而言，文中的槽数为虚槽数。

实施例 1

电动车用轮毂电机的分数槽绕组

图 5 为电动汽车轮毂电机局部结构示意图，其中分数槽绕组形式及连接参照图 3 和表 2，该绕组的线圈嵌放在定子铁芯槽中，与转子上 N、S 极交替排布的磁极相对应，所述绕组的绕组节距为 1 槽距，双层叠绕，在一个相带内分布 3 个（即分布数 Q=3）串联绕组构成一相绕组，其他相绕组按电机相序依次循环排布。

本实施例中的磁极数 P 与铁芯槽数 Z 及相数 M 和分布数 Q 满足条件 1）当分布数 Q 为奇数时，铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$ ，磁极数 $P=Z \pm K$ ；其中 Q=1、3、5、7、9、……，相数 M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、……，K 为自然数 1、2、3、4、5、……。

参考图 5，本实施例中内定子铁芯 3 采用电机用硅钢片叠制而成，在其圆周面上均匀分布有 72 个槽。永磁磁极 2 采用钕铁硼长方体磁钢，N、S 磁极交替均布，磁极总数为 64。外转子机壳 1 采用导磁材料制作。本实施例中的电机为外转子有槽结构的永磁无刷直流电动机，三相多极的分数槽绕组，低速大转矩直接驱动车轮，最大功率可达 20kW，电压：400V，转速 800rpm，过载能力 3-5 倍。

实施例 2

风力发电机的分数槽绕组

图 6 为永磁风力发电机的局部结构示意图, 分数槽绕组形式及连接参照图 4 及表 5, 该绕组的线圈嵌放在定子铁芯槽中, 与转子上 N、S 极交替排布的磁极相对应, 所述绕组的绕组节距为 1 槽距, 双层叠绕, 在一个相带内分布 4 个 (即分布数 $Q=4$) 串联绕组构成一相绕组, 其他相绕组按电机相序依次循环排布。

本实施例中的磁极数 P 与铁芯槽数 Z 及相数 M 和分布数 Q 满足条件 2) 当分布数 Q 为偶数时, 铁芯槽数 $Z=Q \times M \times K$, 磁极数 $P=Z \pm 2K$; 其中 $Q=2、4、6、8、9、\dots$, 相数 $M=2、3、4、5、6、7、8、9、10、\dots$, K 为自然数 $1、2、3、4、5、\dots$ 。

如图 6 所示, 本实施例中的内定子铁芯 3 采用电机用硅钢片叠制而成, 在其圆周面上均匀分布有 108 个槽。永磁磁极 2 采用钕铁硼长方体磁钢, N、S 磁极交替均布, 磁极总数为 90。外转子机壳 1 采用导磁材料制作。本实施例中的发电机为有槽结构的外转子永磁无刷风力发电机, 三相多极的分数槽绕组, 低速直接驱动扇叶, 功率 1-500kW, 转速 100rpm。

实施例 1 和实施例 2 中的两类外转子电机 (电动机、发电机) 也很容易实现常规的内转子结构或无槽结构, 这是本专业领域的技术人员容易理解的。

实施例 3

小功率永磁无槽端面 (平面) 转子无刷电机

图 7 小功率永磁无槽端面 (平面) 转子无刷电机绕组表面示意图, 分数槽绕组形式及连接参照图 3 及表 2, 内定子铁芯 3 采用导磁材料制作 (圆盘型), 无槽端面上粘接电机绕组, 在其圆盘端面上均匀分布 36 等份, 即 36 个虚槽 4, 每等份有双层分布的绕组。永磁磁极 2 采用钕铁硼扇型磁钢, N、S 磁极交替均布, 磁极总数为 32, 与磁钢扇面粘接的导磁材料构成电机的转子部件。该电机功率 500W, 无槽平面结构, 虚槽数 $Z=36$, 极数 $P=32$, 三相低速大转距直流无刷电机。

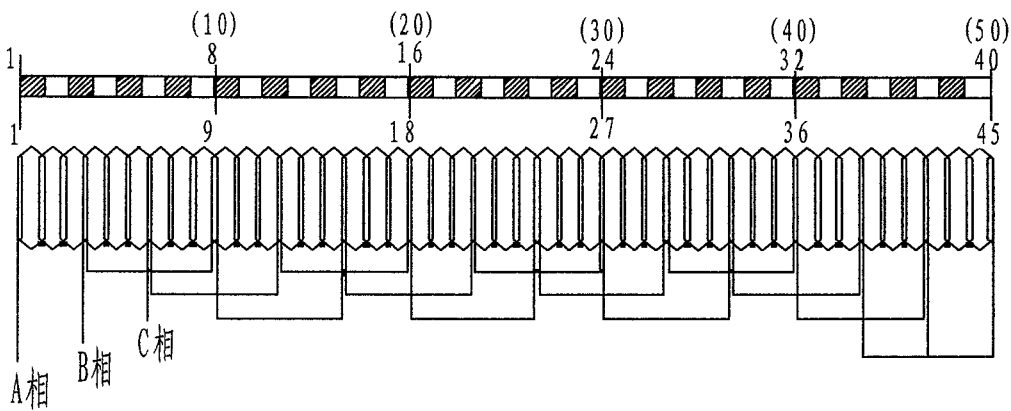


图 3

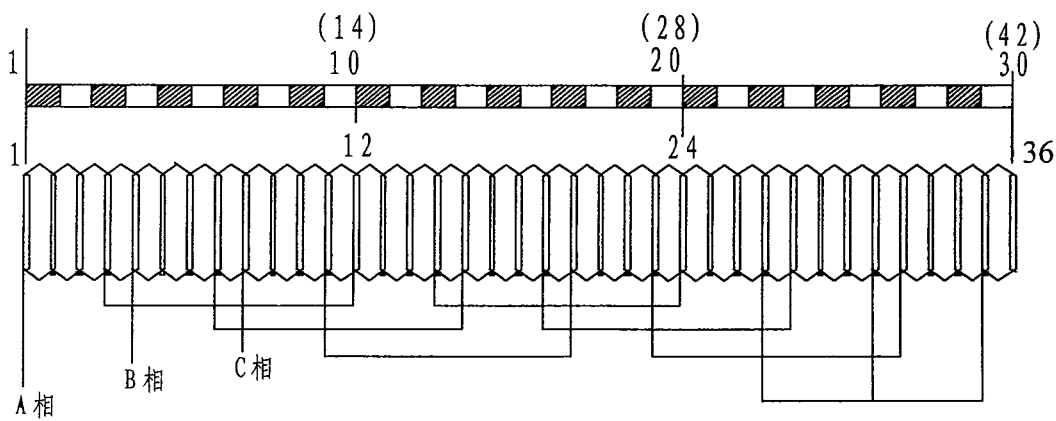


图 4

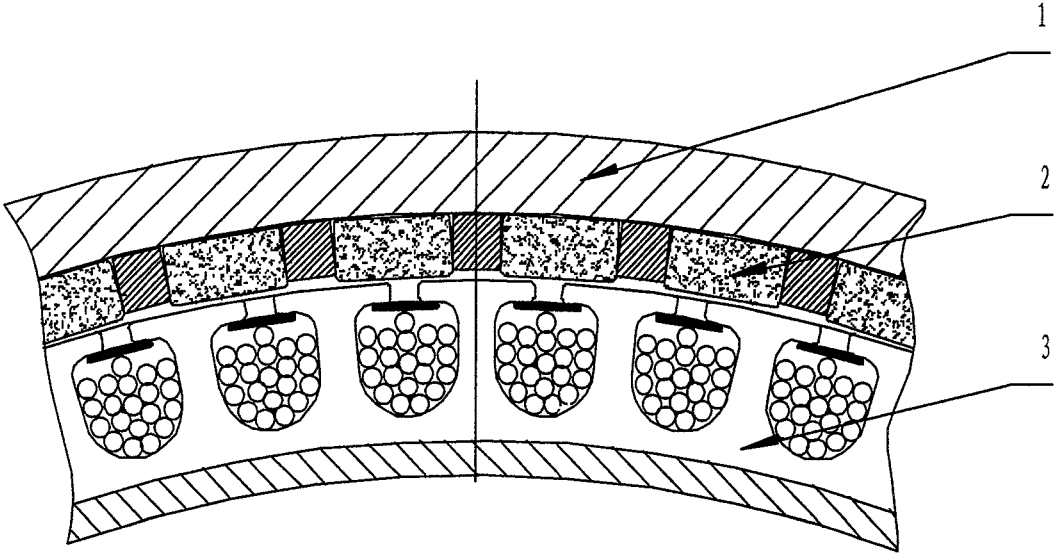


图 5

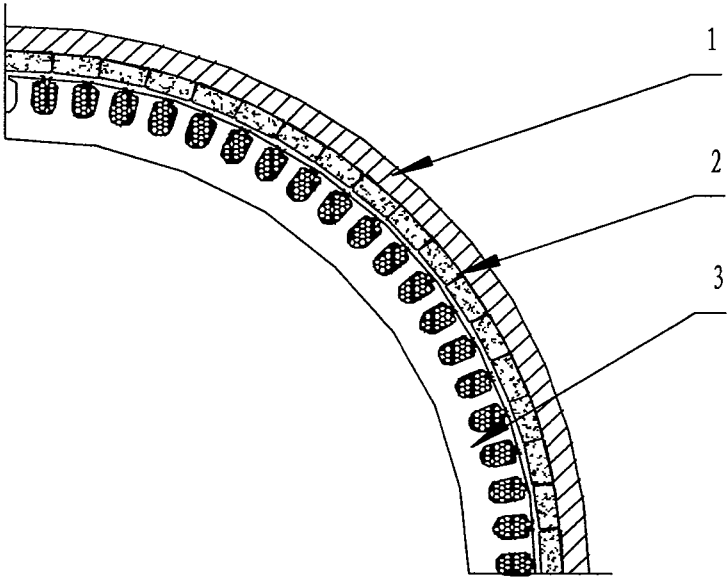


图 6

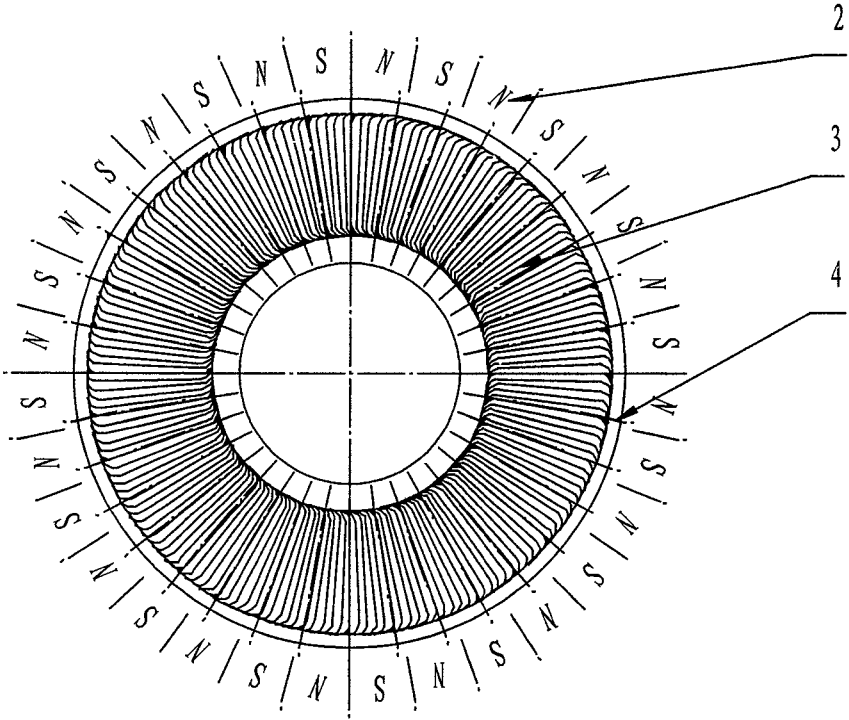


图 7