



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114268204 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 01

(21) 申请号 202210192252.3

H02K 1/17 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.01

H02K 1/14 (2006.01)

(71) 申请人 天津滨海高新区河工电器科技有限公司

H02K 1/24 (2006.01)

H02K 3/28 (2006.01)

地址 300384 天津市滨海新区滨海高新区  
华苑产业区(环外)海泰发展六道3号  
星企中心一号楼1层104室-008

申请人 南京师范大学

(72) 发明人 赵桂书 李争亮 丁树业 花为  
刘文慧 佟明昊 苏鹏

(74) 专利代理机构 天津展誉专利代理有限公司  
12221

代理人 郑晓晨

(51) Int.Cl.

H02K 16/02 (2006.01)

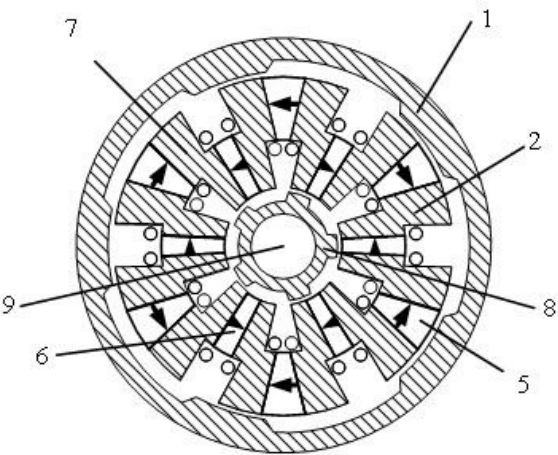
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机

(57) 摘要

本发明涉及一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机,包括外转子、内转子和定子模块,定子模块包括第一电枢绕组、第二电枢绕组、设于第一电枢绕组间的多个第一永磁体、设于第二电枢绕组间的多个第二永磁体、设于各第一永磁体两侧的第一导磁齿以及设于各第二永磁体两侧的第二导磁齿,第一电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第一电枢线圈,第二电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第二电枢线圈。本发明两套电枢绕组和两套永磁体可以互相切换并能同时运行,在其中一套电枢绕组发生故障或者其中有一套永磁体发生退磁时,不影响另一套电枢绕组或永磁体的运行,能够有效的应对电机的故障情况,增加电机的可靠性。



1. 一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 包括外转子、内转子以及设于外转子和内转子之间的定子模块, 其特征在于, 所述定子模块包括第一电枢绕组、第二电枢绕组、设于第一电枢绕组间的多个第一永磁体、设于第二电枢绕组间的多个第二永磁体、设于各第一永磁体两侧的第一导磁齿以及设于各第二永磁体两侧的第二导磁齿, 各所述第一永磁体和第二永磁体分别沿圆周分布, 各圆周分布的第一永磁体位于各第二永磁体外, 且第一永磁体和第二永磁体交错布置, 所述第一电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第一电枢线圈, 所述第二电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第二电枢线圈。

2. 根据权利要求1所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 各所述第一导磁齿和第二导磁齿之间为一体结构形成 $\cup$ 形导磁齿。

3. 根据权利要求1所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 所述第一永磁体和第二永磁体均设有6个, 相邻的两个所述第一永磁体充磁方向相反, 相邻的两个所述第二永磁体充磁方向相反。

4. 根据权利要求3所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 各所述第一永磁体和第二永磁体分别沿圆周分布, 各第一永磁体与第二永磁体之间相差的机械角度为 $30^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求4所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 所述第一电枢绕组中两两相对的第一电枢线圈串联后与第二电枢绕组中两两相对的第二电枢线圈串联, 形成A相绕组、B相绕组和C相绕组。

6. 根据权利要求1所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 所述外转子和内转子包括相同数量的转子齿。

7. 根据权利要求6所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 所述转子齿的数量为5个。

8. 根据权利要求7所述一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机, 其特征在于, 所述外转子的转子齿与内转子的转子齿之间相差的机械角度为 $36^{\circ}$ 。

## 双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电机,尤其涉及一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机。

### 背景技术

[0002] 随着环境问题的日益突出和能源危机的不断加剧,电能因清洁安全、输送高效等优点,成为目前为止人类文明史上最优质的能源,正在发挥着越来越重要的作用。电机作为机电能量转换的装置,既是能源动力装备,也是冶金加工等基础核心部件,是目前各个国家重点发展的领域之一。

[0003] 磁通切换型永磁电机凭借无刷、免维护、转矩密度高,输出功率大、易于散热、鲁棒性高、适合高速运行等优点成为近年来发展迅速的一种新型电机,在航空航天、电动汽车等领域应用广泛。但磁通切换型永磁电机在定子侧永磁体存在漏磁现象,降低了永磁体的利用率;由于磁通切换型永磁电机大量采用永磁体,容易出现永磁体退磁现象,而且电机的电枢绕组在其中一相绕组发生短路时,电机就会发生故障状态,大大降低了电机的可靠性。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术中存在的不足,提供一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机,两套电枢绕组和两套永磁体可以互相切换并能同时运行,能够有效的应对电机的故障情况,增加电机的可靠性。

[0005] 本发明是通过以下技术方案予以实现:一种双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机,包括外转子、内转子以及设于外转子和内转子之间的定子模块,所述定子模块包括第一电枢绕组、第二电枢绕组、设于第一电枢绕组间的多个第一永磁体、设于第二电枢绕组间的多个第二永磁体、设于各第一永磁体两侧的第一导磁齿以及设于各第二永磁体两侧的第二导磁齿,各所述第一永磁体和第二永磁体分别沿圆周分布,各圆周分布的第一永磁体位于各第二永磁体外,且第一永磁体和第二永磁体交错布置,所述第一电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第一电枢线圈,所述第二电枢绕组包括六个沿圆周均匀分布的第二电枢线圈。

[0006] 根据上述技术方案,优选地,各所述第一导磁齿和第二导磁齿之间为一体结构形成U形导磁齿。

[0007] 根据上述技术方案,优选地,所述第一永磁体和第二永磁体均设有6个,相邻的两个所述第一永磁体充磁方向相反,相邻的两个所述第二永磁体充磁方向相反。

[0008] 根据上述技术方案,优选地,各所述第一永磁体和第二永磁体分别沿圆周分布,各第一永磁体与第二永磁体之间相差的机械角度为 $30^{\circ}$ 。

[0009] 根据上述技术方案,优选地,所述第一电枢绕组中两两相对的第一电枢线圈串联后与第二电枢绕组中两两相对的第二电枢线圈串联,形成A相绕组、B相绕组和C相绕组。

[0010] 根据上述技术方案,优选地,所述外转子和内转子包括相同数量的转子齿。

[0011] 根据上述技术方案,优选地,所述转子齿的数量为5个。

[0012] 根据上述技术方案,优选地,所述外转子的转子齿与内转子的转子齿之间相差的机械角度为 $36^{\circ}$ 。

[0013] 本发明的有益效果是:

本发明两套电枢绕组和两套永磁体可以互相切换并能同时运行,在其中一套电枢绕组发生故障或者其中有一套永磁体发生退磁时,不影响另一套电枢绕组或永磁体的运行,能够有效的应对电机的故障情况,增加电机的可靠性,除此之外,由于采用双转子结构,能够有效地减少永磁体靠近气隙的漏磁,增强永磁体的利用率,减少永磁体局部退磁风险。

## 附图说明

[0014] 图1为本发明外转子、内转子以及定子模块的剖面结构示意图。

[0015] 图2为本发明第一电枢绕组和第二电枢绕组的结构示意图。

[0016] 图3为本发明的磁通切换电机穿过A相绕组的永磁磁链为正向最大时的工作原理示意图。

[0017] 图4为本发明的磁通切换电机穿过A相绕组的永磁磁链上升为零时的工作原理示意图。

[0018] 图5为本发明的磁通切换电机穿过A相绕组的永磁磁链为负向最大时的工作原理示意图。

[0019] 图6为本发明的磁通切换电机穿过A相绕组的永磁磁链下降为零时的工作原理示意图。

[0020] 图7为本发明的磁通切换电机正常运行穿过A相绕组的永磁磁链。

[0021] 图8为本发明的磁通切换电机正常运行平均转矩。

[0022] 图9为本发明的磁通切换电机仅在第一永磁体退磁时的平均转矩。

[0023] 图10为本发明的磁通切换电机仅在第一电枢绕组故障时的平均转矩。

[0024] 图中:1、外转子;2、定子模块;3、第一电枢绕组;311、电枢线圈a;312、电枢线圈b;321、电枢线圈c;322、电枢线圈d;331、电枢线圈e;332、电枢线圈f;4、第二电枢绕组;411、电枢线圈g;412、电枢线圈h;421、电枢线圈i;422、电枢线圈j;431、电枢线圈k;432、电枢线圈l;5、第一永磁体;6、第二永磁体;7、L形导磁齿;8、转子齿;9、内转子。

## 具体实施方式

[0025] 为了使本技术领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和最佳实施例对本发明作进一步的详细说明。基于发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于发明保护的范围。

[0026] 在发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对发明的限制。

[0027] 如图所示,本发明包括外转子1、内转子9以及设于外转子1和内转子9之间的定子模块2,外转子1、内转子9和定子模块2之间均具有气隙,本例中外转子1、内转子9和定子模块2均为凸极结构,外转子1、内转子9均为直槽或斜槽结构,且工作在相同转速下,因此在电

机工作过程中输出永磁转矩的同时,输出由于凸极效应产生的磁阻转矩,提高输出转矩密度。所述定子模块2包括第一电枢绕组3、第二电枢绕组4、设于第一电枢绕组3间的多个第一永磁体5、设于第二电枢绕组4间的多个第二永磁体6、设于各第一永磁体5两侧的第一导磁齿以及设于各第二永磁体6两侧的第二导磁齿,各所述第一永磁体和第二永磁体分别沿圆周分布,各圆周分布的第一永磁体位于各第二永磁体外,且第一永磁体和第二永磁体交错布置,所述第一电枢绕组3包括六个沿圆周均匀分布的第一电枢线圈,所述第二电枢绕组4包括六个沿圆周均匀分布的第二电枢线圈。其中每一个第一永磁体5及其两侧的第一导磁齿在其中一个第一电枢线圈之中,每一个第二永磁体6及其两侧的第二导磁齿在其中一个第二电枢线圈之中,具体地,第一电枢绕组3的电枢槽与第一永磁体5中间夹着第一导磁齿,沿定子外圆周均匀分布,靠近外转子1的气隙,第一电枢绕组3的电枢槽与第二永磁体6中间夹着第二导磁齿,沿定子内圆周均匀分布,靠近内转子9的气隙。本例中第一永磁体5与第二电枢绕组4的电枢槽的中心线位置对齐,第二永磁体6与第一电枢绕组3的电枢槽的中心线位置对齐。

[0028] 根据上述实施例,优选地,各所述第一导磁齿和第二导磁齿之间为一体结构形成与形导磁齿7,本例中与形导磁齿7为硅钢片导磁材料,所述第一永磁体和第二永磁体均设有6个,相邻的两个所述第一永磁体5充磁方向相反,相邻的两个所述第二永磁体6充磁方向相反。

[0029] 根据上述实施例,优选地,各所述第一永磁体5和第二永磁体6分别沿圆周分布,本例中第一永磁体5、第二永磁体6均为钕铁硼、钕钴、铁氧体等永磁材料。各第一永磁体5与第二永磁体6之间相差的机械角度为 $30^\circ$ ,即在相邻的第一永磁体5和第二永磁体6之间,第一永磁体5与内转子9中心的连线和第二永磁体6与内转子9中心的连线的夹角为 $30^\circ$ 。

[0030] 根据上述实施例,优选地,本发明中两组电枢绕组可实现两种连接方式:其一,第一电枢绕组中的第一电枢线圈与第二电枢绕组中的第二电枢线圈并联,此时当其中一组电枢绕组出现故障时,另一组正常工作;其二,第一电枢绕组与第二电枢绕组之间设置切换开关,使所述第一电枢绕组3中两两相对的第一电枢线圈串联后与第二电枢绕组4中两两相对的第二电枢线圈串联,形成A相绕组、B相绕组和C相绕组。由于本发明中的电枢绕组采用集中式绕组结构,与传统转子永磁同步电机采用分布式绕组结构相比,有效减小了端部绕组的长度,降低的端部电阻铜耗,提高了电机效率。具体地,第一电枢线圈中相对设置的电枢线圈a311、电枢线圈b312串联组成,电枢线圈a311和电枢线圈b312的空间位置圆心角相差 $180^\circ$ ,第二电枢线圈中相对设置的电枢线圈g411、电枢线圈h412串联组成,电枢线圈g411和电枢线圈h412的空间位置圆心角相差 $180^\circ$ ,再将第一电枢绕组3中的电枢线圈a311、电枢线圈b312与第二电枢绕组4中的电枢线圈g411、电枢线圈h412串联,进而构成A相绕组;同理,电机的B相绕组由电枢线圈c321、电枢线圈d322、电枢线圈i421和电枢线圈j422串联组成,电机C相绕组由电枢线圈e331、电枢线圈f332、电枢线圈k431和电枢线圈l432组成。

[0031] 根据上述实施例,优选地,所述外转子1和内转子9包括相同数量的转子齿8,本例中所述转子齿8的数量为5个,所述外转子1的转子齿8与内转子9的转子齿8之间相差的机械角度为 $36^\circ$ ,其中外转子1、内转子9均为硅钢片导磁材料。

[0032] 本发明双永磁体双电枢绕组的磁通切换电机工作原理如图3-图6所示,当转子运动到图3和图5位置时,A相绕组的电枢线圈a311、电枢线圈b312、电枢线圈g411、电枢线圈

h412的线圈内匝链的永磁磁链的和为最大值,但两者的永磁磁链方向相反,分别对应图7中的B点和D点,当转子位置运动到图4和图6位置时,A相绕组的电枢线圈a311、电枢线圈b312、电枢线圈g411、电枢线圈h412的匝链的永磁磁链为零,分别对应图7中的A点和C点,转子运动过程中,循环依次经过图3-图6四个特殊位置。双永磁体双电枢绕组的双转子磁通切换电机的A相绕组的永磁磁链如图7所示。

[0033] A相绕组、B相绕组和C相绕组中通入交流电流后,三相电枢绕组匝链的永磁磁链与电枢电流相互作用产生永磁转矩,永磁转矩和永磁体产生的齿槽转矩相加后得到本发明的电机在正常运行状况下的电磁转矩波形,如图8所示,此时第一电枢绕组3、第二电枢绕组4、第一永磁体5以及第二永磁体6均正常工作。当第一永磁体5发生退磁故障或第一电枢绕组3不能正常工作时,电机仍能正常工作,具体的转矩波形参照图9和图10所示。

[0034] 本发明的磁通切换电机在不同工况运行时具有以下工作场景:

S1. 正常运行:此时电机中的两套永磁体均产生永磁磁场,通过控制电枢电流调节电机的输出转矩、功率密度,此时的电机功率密度最大。

[0035] S2. 故障运行:

S21. 仅一套永磁体退磁故障:当第一永磁体5发生不可逆退磁故障时,则由第二永磁体6给第一电枢绕组3和第二电枢绕组4提供励磁磁场,维持电机正常运行;当第二永磁体6发生不可逆退磁故障时,则由第一永磁体5给第一电枢绕组3和第二电枢绕组4提供励磁磁场,维持电机正常运行,实现了电机的容错运行。

[0036] S22. 仅一套电枢绕组故障:当第一电枢绕组3发生故障时,则将第一电枢绕组3切除系统,此时第二电枢绕组4不受影响正常工作;当第二电枢绕组4发生故障时,则将第二电枢绕组4切除系统,此时第一电枢绕组3不受影响正常工作。本发明的电机两套电枢绕组可以实现容错运行,提高了电机运行的可靠性。

[0037] 本发明两套电枢绕组和两套永磁体可以互相切换并能同时运行,在其中一套电枢绕组发生故障或者其中有一套永磁体发生退磁时,不影响另一套电枢绕组或永磁体的运行,能够有效的应对电机的故障情况,增加电机的可靠性,除此之外,由于采用双转子结构,能够有效地减少永磁体靠近气隙的漏磁,增强永磁体的利用率,减少永磁体局部退磁风险。

[0038] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

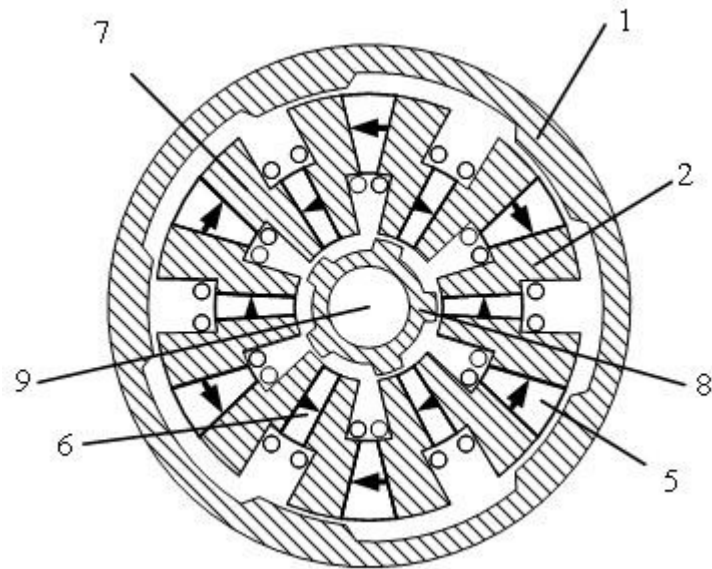


图1

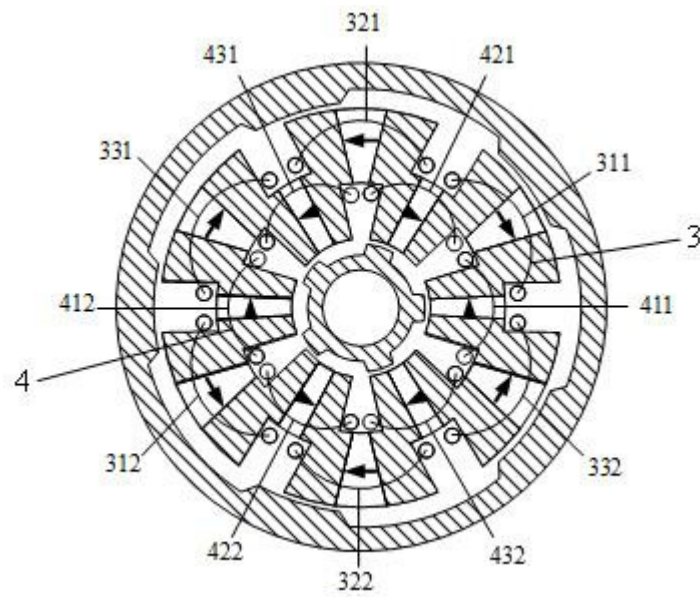


图2

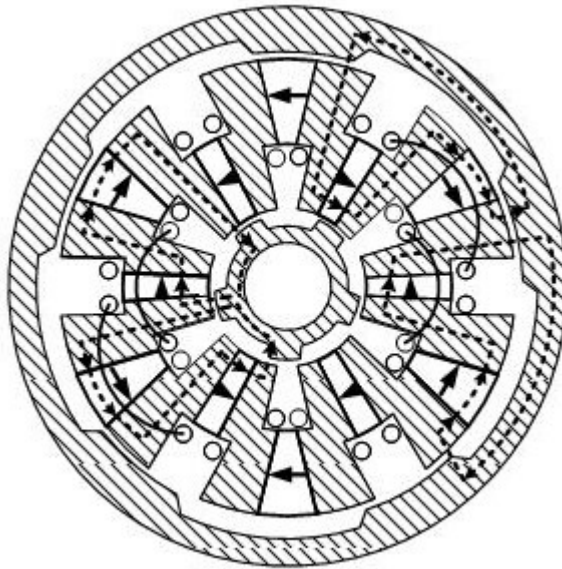


图3

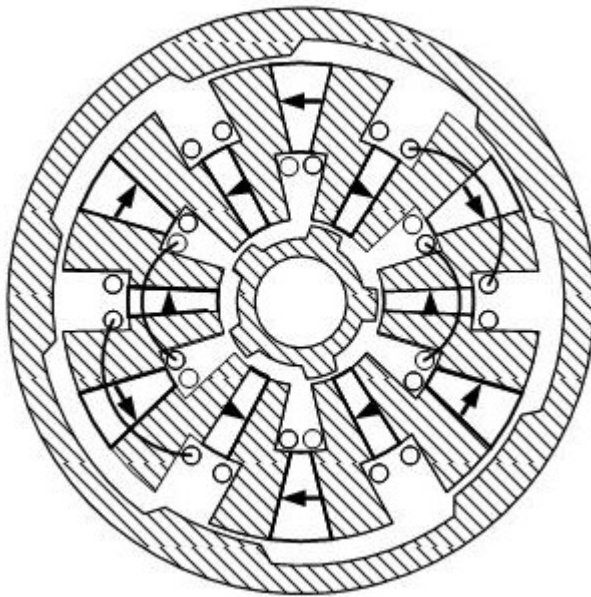


图4



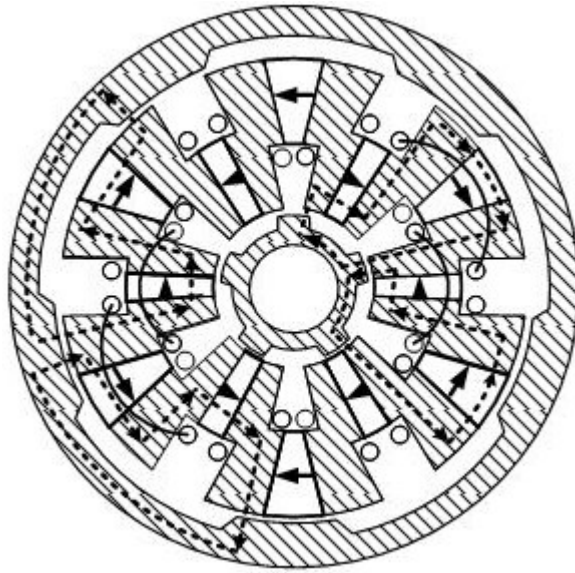


图5

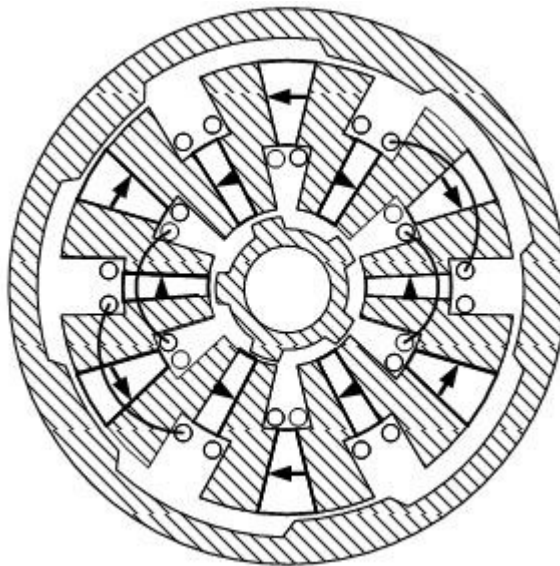


图6

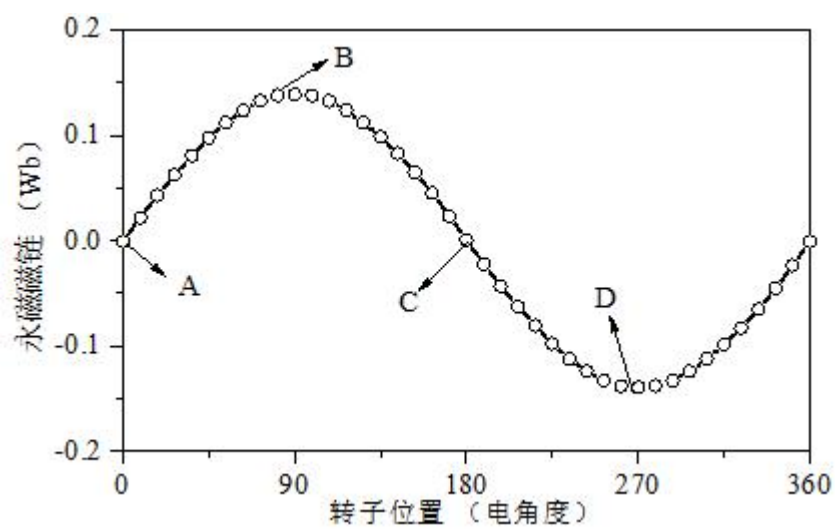


图7

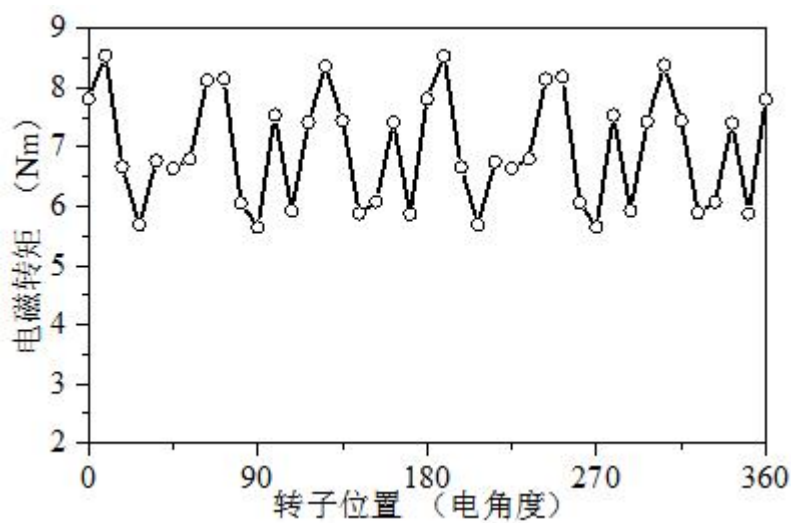


图8

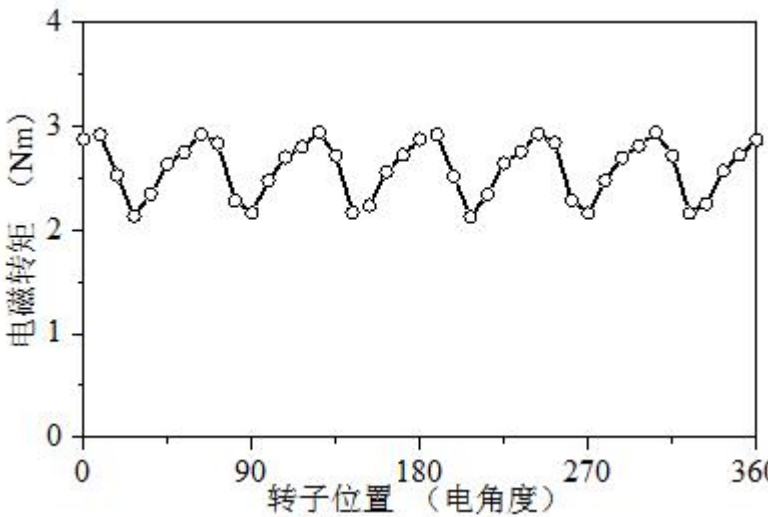


图9

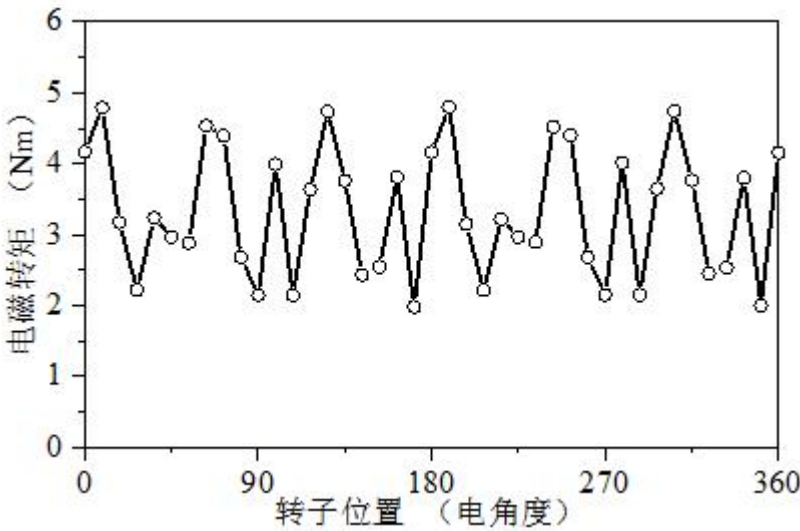


图10