



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105048740 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201510397144.X

H02K 1/27(2006.01)

(22)申请日 2015.07.08

H02K 1/16(2006.01)

H02K 3/18(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105048740 A

审查员 代煜

(43)申请公布日 2015.11.11

(73)专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市御道街29号

(72)发明人 吴咏梅 蒋奎 缪周 张卓然

刘闯

(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 陈琛

(51)Int.Cl.

H02K 16/00(2006.01)

H02K 1/17(2006.01)

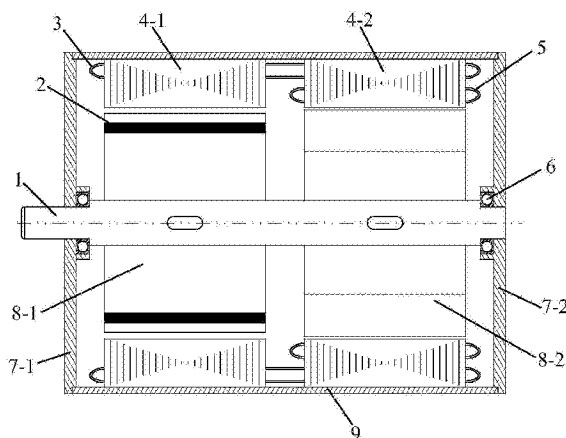
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机

(57)摘要

本发明涉及一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机。定子包括永磁部分定子铁芯、变磁阻部分定子铁芯、嵌绕在两部分定子槽中的非交叠集中电枢绕组以及绕在变磁阻部分每个定子齿上的励磁绕组；转子包括永磁部分转子铁芯及嵌入其中的永磁体、变磁阻部分无绕组的凸极转子铁芯。永磁部分定、转子分别与变磁阻部分定、转子在空间上间隔安装在机壳内左右两侧，两部分磁路互不影响，二者转子同轴旋转，所述定子两部分铁芯共用一套电枢绕组；所述电机反电势正弦度高，既可作交流发电机/电动机，也可作直流发电机/电动机，拓宽了永磁电动机的恒功率范围并解决了永磁发电机调压困难及短路故障完全灭磁问题，在飞机电源起动/发电系统中有广泛的应用前景。



1. 一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 包括机壳、机壳内的定子和转子、转轴、前后端盖及轴承; 其特征在于: 所述定子为分段结构, 包括永磁部分定子铁芯、变磁阻部分定子铁芯、嵌绕在两部分定子槽中的非交叠集中电枢绕组以及绕在变磁阻部分每个定子齿上的励磁绕组; 所述转子固定于转轴上, 也为分段结构, 包括永磁部分转子铁芯及嵌入永磁部分转子铁芯中的永磁体、变磁阻部分无绕组的凸极转子铁芯; 永磁部分定子、转子分别与变磁阻部分定子、转子在空间上间隔安装在机壳内左右两侧, 两部分磁路互不影响, 且两部分转子同轴旋转; 所述永磁部分定子铁芯和变磁阻部分定子铁芯共用一套电枢绕组;

所述永磁部分转子极对数 p_r 等于变磁阻部分转子极数 N_r 。

2. 根据权利要求1所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述变磁阻部分每个定子槽中极性呈交替排列的励磁线圈串联构成一套直流励磁绕组。

3. 根据权利要求1所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁部分电枢绕组采用单层或双层集中绕组结构, 且每相电枢绕组同时绕在变磁阻部分对应定子齿上。

4. 根据权利要求1所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁部分转子铁芯上嵌有永磁体, 所述永磁体嵌置方式采用表贴式或内置式, 所述内置式结构采用内置径向式、内置切向式或内置混合式。

5. 根据权利要求1所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机为三相电机或多相电机。

6. 根据权利要求5所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机为三相电机, 变磁阻部分定子极数 N_s 和转子极数 N_r 配合满足 $6k/5k$ 结构, 其中, k 为正偶数。

7. 根据权利要求6所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁部分电枢绕组采用单层集中绕组结构, 永磁部分定子齿与变磁阻部分同一相定子极对齐, 永磁部分转子磁极中线与变磁阻部分转子极中线对齐。

8. 根据权利要求7所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁部分电枢绕组采用双层集中绕组结构, 永磁部分定子槽与变磁阻部分同一相定子极对齐, 永磁部分转子磁极中线与变磁阻部分转子极中线相差 $90^\circ/p_r$ 机械角。

9. 根据权利要求1所述一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 其特征在于: 所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机既可作直流电动机或者直流发电机, 也可作交流电动机或者交流发电机。

一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种并列式混合励磁无刷电机,特别涉及一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机。

背景技术

[0002] 永磁电机结构简单可靠、功率密度高、效率高,广泛应用于工业、航空航天、舰船等领域,但是存在气隙磁场调节困难、存在不可退磁风险等问题。如在飞机起动/发电系统中,电机处于高温、高压等恶劣环境中,永磁体极易发生不可退磁,且故障灭磁困难。而混合励磁电机将永磁电机与电励磁电机有机结合,兼具高功率密度与气隙磁场可调的优点,近年来在电动汽车、飞机起动/发电等领域引起人们的广泛关注。

[0003] 并列式混合励磁电机作为混合励磁电机技术研究的一个重要方向,结构原理简单,易于实现励磁电流的双向调节;此外,一般的并列式混合励磁电机永磁磁路和电励磁磁路相互独立,电励磁磁路一般无附加气隙,励磁效率高。探求合理高效的并列式混合励磁电机拓扑结构对于促进该类电机的实践应用有重要意义。

[0004] 中国发明专利ZL 201010538343.5提出了一种并列结构的无刷无附加气隙混合励磁同步发电机,其励磁绕组安装在定子上,实现无刷化,但由于采用交流励磁,励磁控制复杂,制约了其应用范围。中国发明专利CN1545189A提出了一种并列式混合励磁双凸极电机,其结构简单可靠,但单极性磁链限制了其功率密度,转矩脉动较大,发电运行时,仅能作直流发电机。中国发明专利CN101262160A提出了一种混合励磁磁通切换电机,其结构原理也属于并列式,但为单相电机,相对于永磁同步电机,功率密度偏低。发明专利CN102843008A公开了一种并列式混合励磁交流发电机,实现了两类电机感应电势的高效叠加,但电励磁磁通切换电机部分每个定子极上均开槽以放励磁绕组,结构较复杂,绕组下线困难。英国学者提出了一种变磁通双凸极电机,具有气隙磁场可调、磁链双极性、反电势正弦度高等优点,但电励磁方式下功率密度和效率偏低。

[0005] 基于以上分析,本发明提出一种永磁/变磁阻并列式混合励磁无刷电机结构形式,以克服现有并列式混合励磁电机的不足,本案由此产生。

发明内容

[0006] 本发明的目的,在于提供一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机,其将永磁同步电机和变磁阻电机有机组合,解决电机电枢绕组内部短路故障时完全灭磁保护的问题,在拓宽永磁电机宽调速范围基础上提高功率密度和转矩密度。

[0007] 为了达成上述目的,本发明的技术方案是:一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机,包括机壳、机壳内的定子和转子、转轴、前后端盖及轴承;所述定子为分段结构,包括永磁部分定子铁芯、变磁阻部分定子铁芯、嵌绕在两部分定子槽中的非交叠集中电枢绕组以及绕在变磁阻部分每个定子齿上的励磁绕组;所述转子固定于转轴上,也为分段结构,包括永磁部分转子铁芯及嵌入永磁部分转子铁芯中的永磁体、变磁阻部分无绕组的凸极转

子铁芯;永磁部分定子、转子分别与变磁阻部分定子、转子在空间上间隔安装在机壳内左右两侧,两部分磁路互不影响,且两部分转子同轴旋转;所述永磁部分定子铁芯和变磁阻部分定子铁芯共用一套电枢绕组。

[0008] 进一步的,所述变磁阻部分每个定子槽中极性呈交替排列的励磁线圈串联构成一套直流励磁绕组。

[0009] 进一步的,所述永磁部分电枢绕组采用单层或双层集中绕组结构,且每相电枢绕组同时绕在变磁阻部分对应定子齿上。

[0010] 进一步的,所述永磁部分转子铁芯上嵌有永磁体,所述永磁体嵌置方式采用表贴式、内置式或Halbach阵列磁钢,所述内置式结构采用内置径向式、内置切向式或内置混合式。

[0011] 进一步的,所述永磁部分转子极对数 p_r 等于变磁阻部分转子极数 N_r 。

[0012] 进一步的,所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机为三相电机或多相电机。

[0013] 进一步的,所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机为三相电机,变磁阻部分定子极数 N_s 和转子极数 N_r 配合满足 $6k/5k$ 结构,其中, k 为正偶数。当所述永磁部分电枢绕组采用单层集中绕组结构,永磁部分定子齿与变磁阻部分同一相定子极对齐,永磁部分转子磁极中线与变磁阻部分转子极中线对齐。当所述永磁部分电枢绕组采用双层集中绕组结构,永磁部分定子槽与变磁阻部分同一相定子极对齐,永磁部分转子磁极中线与变磁阻部分转子极中线相差 $90^\circ/p_r$ 机械角。

[0014] 进一步的,所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机既可作直流电动机或者直流发电机,也可作交流电动机或者交流发电机。

[0015] 采用上述方案后,本发明与现有混合励磁电机结构相比,具有如下有益特点:

[0016] (1) 变磁阻部分电枢绕组具有高正弦度的感应电势波形,与永磁部分电枢绕组正弦波感应电势组合,可实现两者电势波形的高效叠加和调节,有利于作为交流发电机/电动机;

[0017] (2) 变磁阻部分磁链呈双极性变化,电机绕组内部短路时可通过变磁阻部分励磁调节完全抵消永磁励磁产生的磁场,从而实现电机电枢绕组内部短路故障时完全灭磁;

[0018] (3) 电机两部分磁路相互独立,不存在轴向磁路和附加气隙,而且变磁阻部分每个定子槽中均放置励磁绕组,励磁磁路与电枢磁路相同,励磁绕组端部绕组很小,因此励磁损耗小,电励磁效率高;

[0019] (4) 穿过永磁部分定子齿的电枢绕组线圈同时穿过变磁阻部分的定子极,从而大大减小了电枢绕组的端接长度;

[0020] (5) 根据应用场合的不同,合理设计永磁部分和变磁阻部分两部分的铁心长度比例,可以实现电机发电运行的宽电压调节范围及拓宽电动运行的恒功率范围。

[0021] (6) 本发明采用永磁和变磁阻并列式结构,变磁阻部分采用无绕组的凸极转子铁芯,结构比较简单,且适合高速高温运行。

附图说明

[0022] 图1是本发明的轴向剖面示意图;

[0023] 图2(a)是本发明第一实施例永磁部分的截面示意图;

- [0024] 图2 (b) 是本发明第一实施例变磁阻部分的截面示意图；
- [0025] 图3 (a) 是本发明第一实施例永磁部分两电枢绕组电势星形图；
- [0026] 图3 (b) 是本发明第一实施例变磁阻部分电枢绕组电势星形图；
- [0027] 图3 (c) 是本发明第一实施例电枢绕组连接示意图；
- [0028] 图4 (a) 是本发明第二实施例永磁部分的截面示意图；
- [0029] 图4 (b) 是本发明第二实施例电枢绕组连接示意图。
- [0030] 图中元件符号说明：
- [0031] 1—转轴, 2—永磁体, 3—电枢绕组, 4-1—永磁部分定子铁芯, 4-2—变磁阻部分定子铁芯, 5—励磁绕组, 6—轴承, 7-1—前端盖, 7-2—后端盖, 8-1—永磁部分转子铁芯, 8-2—变磁阻部分转子铁芯, 9—机壳, $W_1 \sim W_{12}$ —12个集中电枢绕组线圈。

具体实施方式

[0032] 以下将结合附图, 对本发明的技术方案进行详细说明。

[0033] 如图1所示, 本发明提供一种永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 包括机壳9、前端盖7-1、后端盖7-2、轴承6、机壳9内的定子、转子及转轴1。其中, 定子包括永磁部分定子铁芯4-1、变磁阻部分定子铁芯4-2、嵌绕在两部分定子槽中的非交叠集中电枢绕组3以及绕在变磁阻部分每个定子齿上的励磁绕组5; 转子固定于转轴1上, 包括永磁部分转子铁芯8-1及嵌入其中的永磁体2、变磁阻部分无绕组的凸极转子铁芯8-2。永磁部分定、转子分别与变磁阻部分定、转子在空间上相隔一定距离安装在机壳9内左右两侧, 两部分磁路互不影响, 二者转子同轴旋转, 所述定子两部分铁芯4共用一套电枢绕组3。

[0034] 本发明所述永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机既可以是三相电机也可以是多相电机, 既可作为直流电动机/发电机, 也可作为交流电动机和发电机。永磁部分不同的极槽数与变磁阻部分不同的定转子极数配合均可组合成永磁/变磁阻并列式混合励磁无刷电机, 但永磁部分的极对数 p_r 必须等于变磁阻部分的转子极数 N_r , 以下通过具体实施例对本发明结构及有益效果进行说明。

[0035] 图2 (a) 及图2 (b) 所示是本发明作为三相永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机第一实施例截面示意图。其中, 永磁部分为24槽/20极的结构, 电枢绕组3为单层集中绕组, 即每隔一个定子齿绕电枢绕组; 永磁部分转子采用表贴式、内置式 (径向式、切向式或混合式) 或Halbach阵列磁钢转子结构, 根据具体应用选择, 如本实施例采用内置径向式结构, 定子铁芯和转子铁芯均由硅钢片叠压而成, 如图2 (a) 所示。图2 (b) 所示为变磁阻部分截面示意图, 定转子为12/10极结构, 其中定子12个齿, 转子极数为10, 定、转子铁芯均为双凸极结构, 并由硅钢片叠压而成, 定子齿呈径向对称分布, 定子齿宽为定子极距的一半, 转子极宽等于或稍大于定子极宽; 每个定子槽中均放置非交叠集中电枢绕组3和励磁绕组5, 12个励磁绕组线圈呈交替极性通电并串联构成一套直流励磁绕组。本发明并列式混合励磁无刷电机每相电枢绕组同时嵌绕在永磁部分定子齿和变磁阻部分的对应定子极上, 经过两部分的定子铁芯4后闭合。

[0036] 由于本发明所述并列式混合励磁无刷电机定子包括永磁段和变磁阻段两部分, 电枢绕组同时穿过定子铁芯的永磁段和变磁阻段, 因此需要说明永磁段和变磁阻段电枢绕组的连接。图3 (a) 与图3 (b) 所示分别为24槽/20极永磁部分和12/10极变磁阻部分电枢绕组电

势星形图, $W_1 \sim W_{12}$ 为 12 个集中电枢线圈。对于 A 相电枢绕组, 线圈 W_1 、 W_4 、 W_7 、 W_{10} 相串联, 其中永磁部分的线圈 W_4 、 W_{10} 与 W_1 、 W_7 应反向连接, 同理, 可得 B、C 两相电枢绕组连接。所述并列式混合励磁无刷电机第一实施例电枢绕组连接示意图如图 3 (c) 所示, 电枢绕组同时穿过永磁段与变磁阻段的定子铁芯, 电枢绕组感应电势为永磁段电枢线圈感应电势与变磁阻段电枢线圈感应电势之和 (或之差), 励磁电流 $I_f > 0$ 时, 变磁阻段电枢线圈感应电势增强永磁段电枢线圈感应电势; 励磁电流 $I_f < 0$ 时, 变磁阻段电枢线圈感应电势削弱永磁段电枢线圈感应电势, 由于变磁阻部分电枢线圈感应电势正弦度较高, 可与永磁部分电枢线圈感应电势进行高效叠加。当电枢绕组内部发生短路故障时, 通过调节变磁阻部分励磁绕组中的励磁电流 I_f 大小即可调节气隙磁场使气隙磁场等于 0, 即电枢绕组感应电势为 0, 从而达到短路故障完全灭磁的目的。同时, 通过合理设计永磁部分与变磁阻部分铁芯轴向长度, 利用较小的励磁电流可实现宽范围的双向调磁, 从而拓宽了永磁电动机的恒功率范围, 且励磁损耗较小, 效率较高。

[0037] 本发明作为三相永磁和变磁阻并列式混合励磁无刷电机第二实施例永磁部分截面示意图如图 4 (a) 所示, 永磁部分为 24 槽/20 极结构, 转子采用内置径向式结构, 电枢绕组为双层集中绕组, 即每个定子齿均绕有电枢线圈, 而变磁阻部分截面示意图仍如图 2 (b) 所示, 为 12/10 极结构, 穿过变磁阻部分每个定子极的电枢线圈同时穿过永磁部分对应的两个定子齿, 本发明第二实施例电枢绕组连接示意图如图 4 (b) 所示。

[0038] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想, 不能以此限定本发明的保护范围, 凡是按照本发明提出的技术思想, 在技术方案基础上所做的任何改动, 均落入本发明保护范围之内。

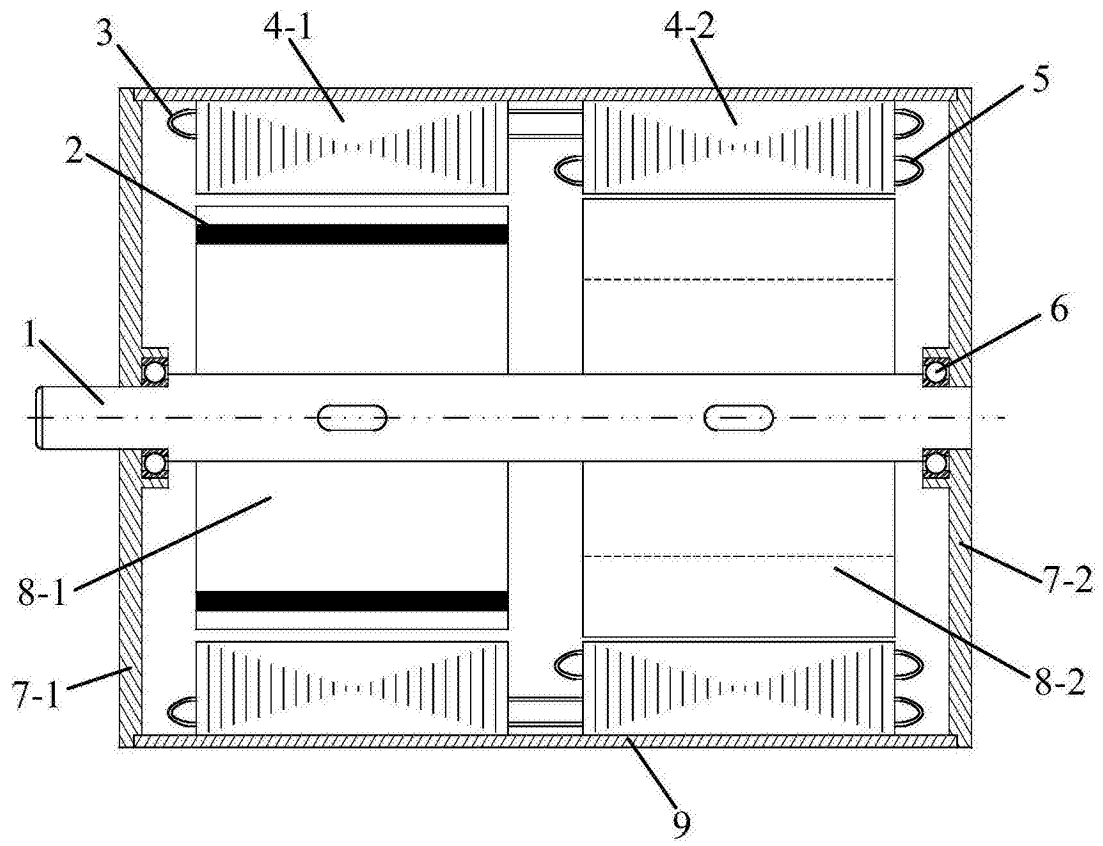


图1

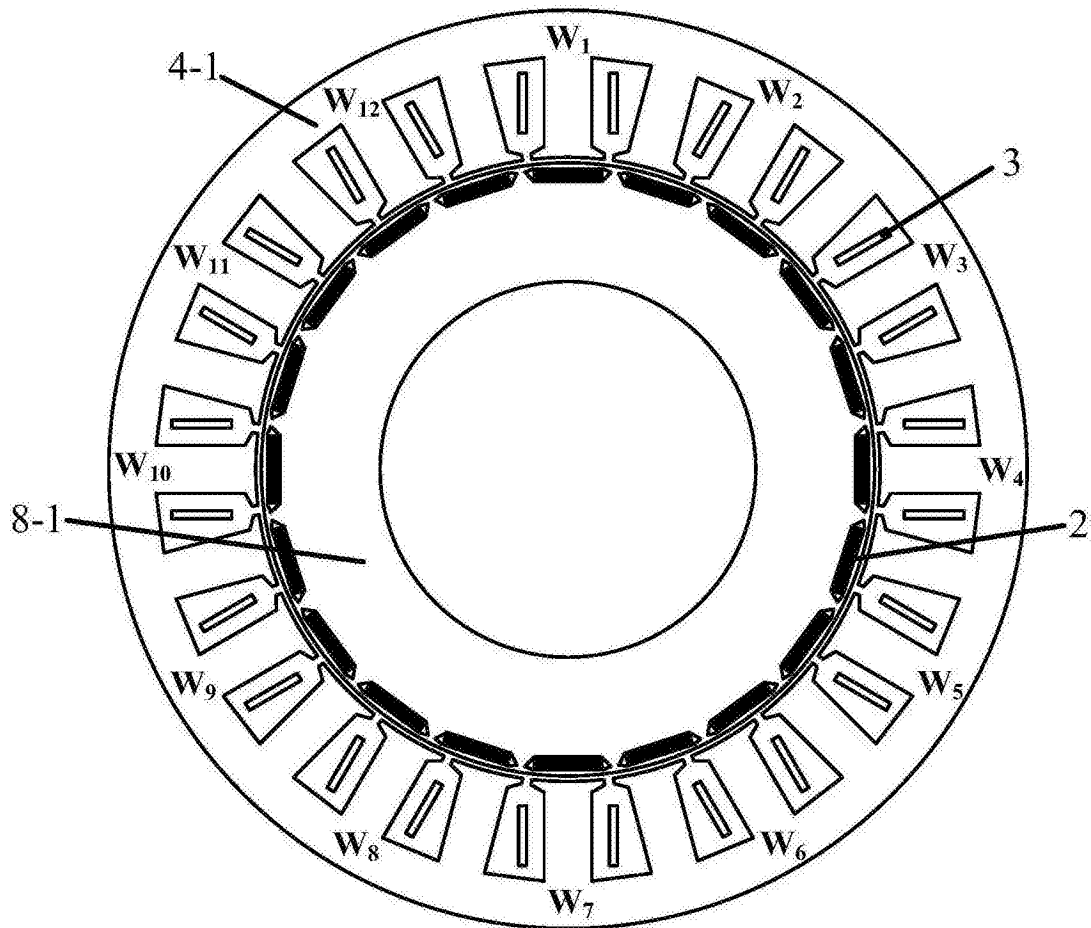


图2(a)

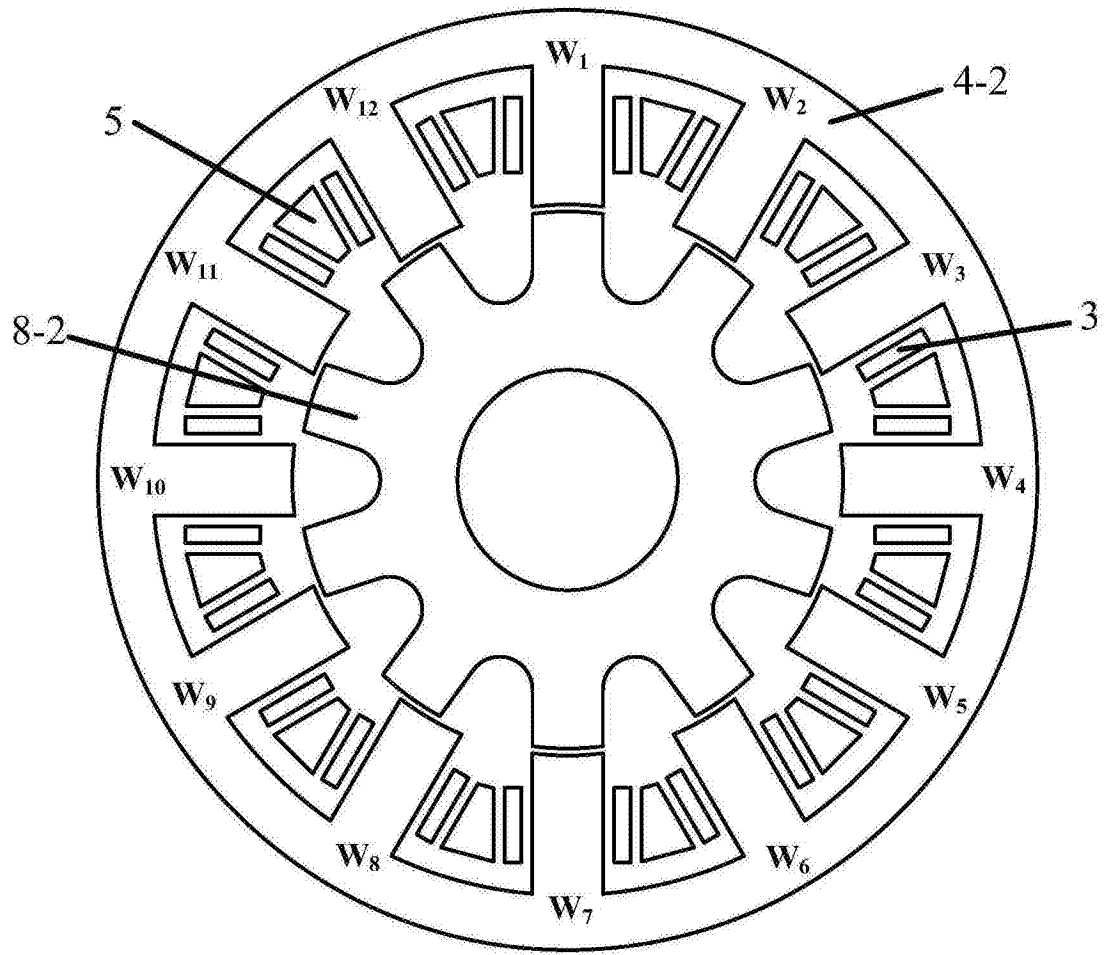


图2 (b)

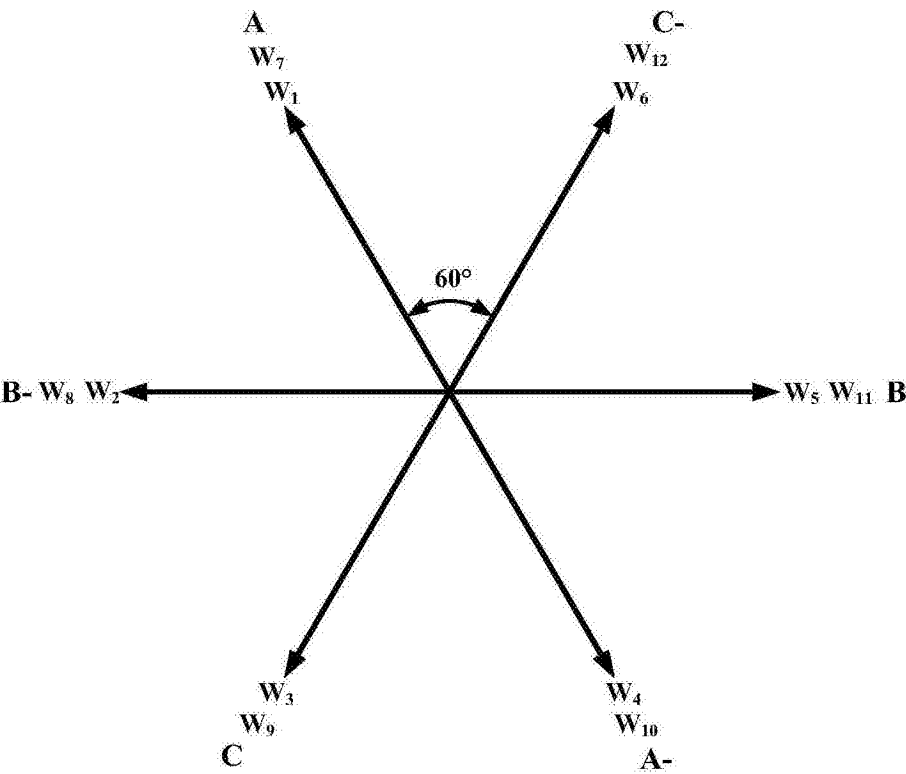


图3 (a)

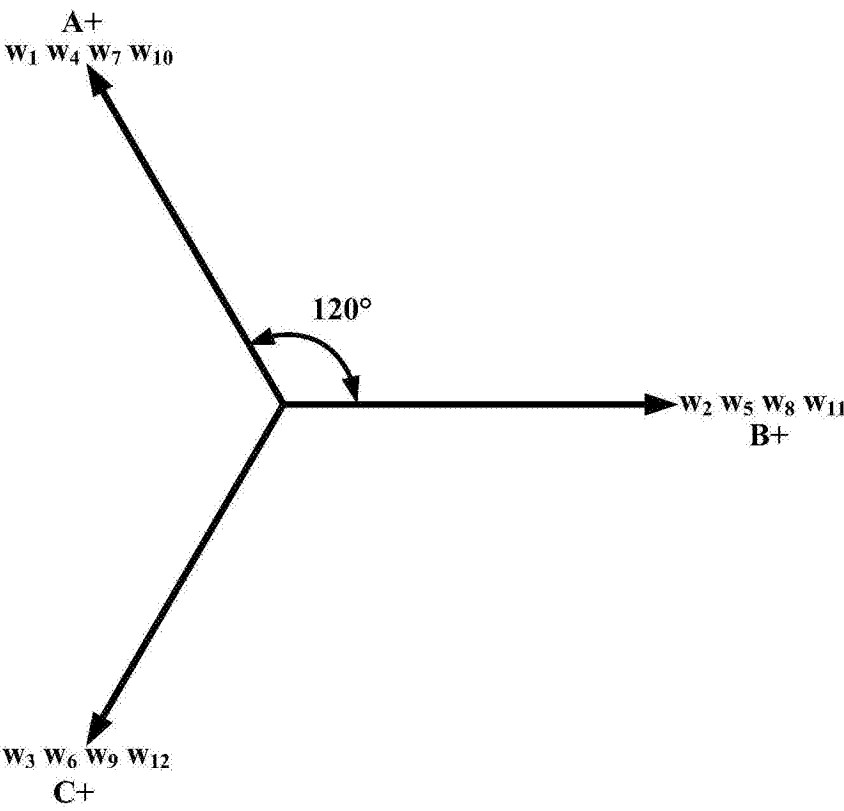


图3 (b)

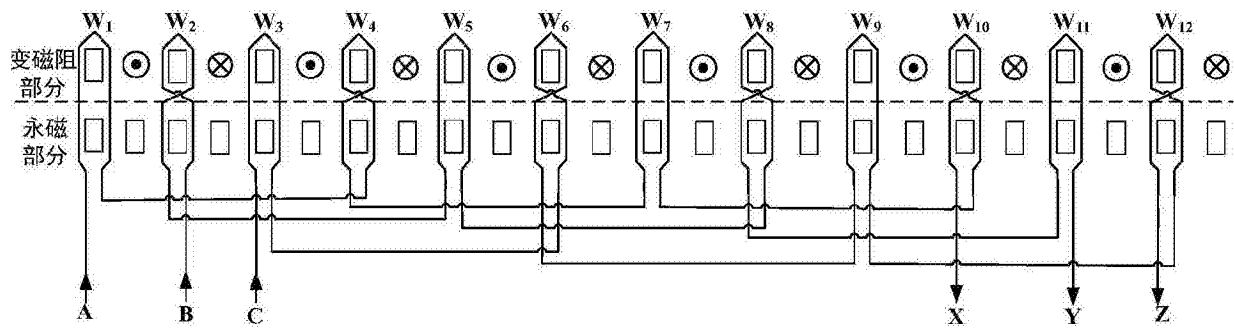


图3 (c)

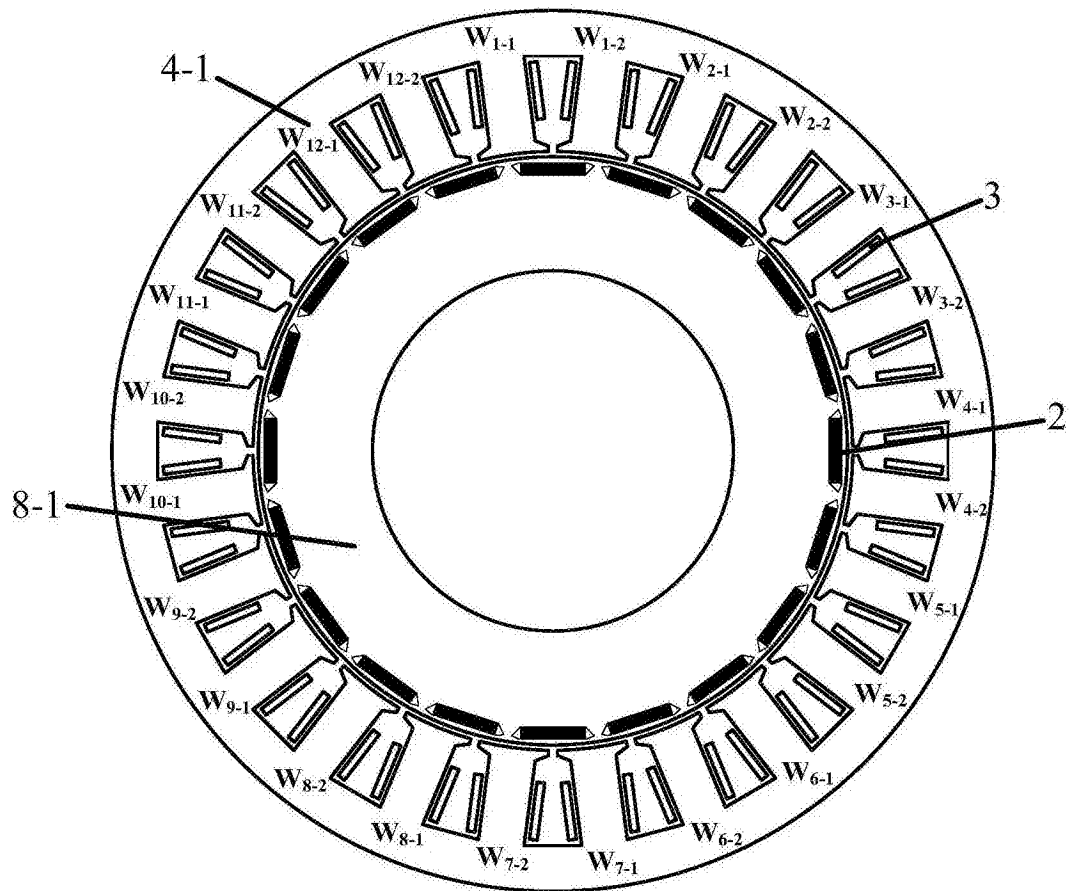


图4 (a)

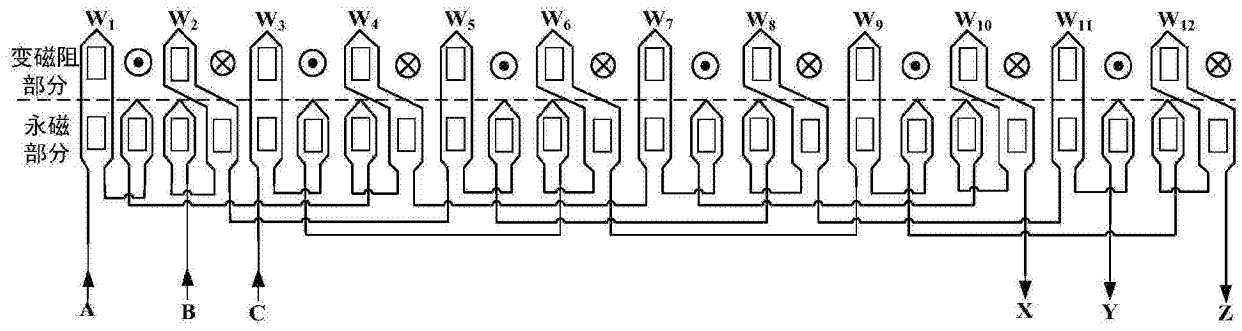


图4 (b)