



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106451970 B

(45)授权公告日 2018.08.21

(21)申请号 201610852178.8

H02K 3/20(2006.01)

(22)申请日 2016.09.26

H02K 1/14(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106451970 A

(56)对比文件

CN 104600930 A, 2015.05.06,

CN 201323515 Y, 2009.10.07,

(43)申请公布日 2017.02.22

CN 106026578 A, 2016.10.12,

(73)专利权人 东南大学

CN 102545502 A, 2012.07.04,

地址 210088 江苏省南京市浦口区泰山新村东大路6号

审查员 林业伟

(72)发明人 程明 朱新凯 韩鹏 魏新迟

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.

H02K 16/04(2006.01)

H02K 3/16(2006.01)

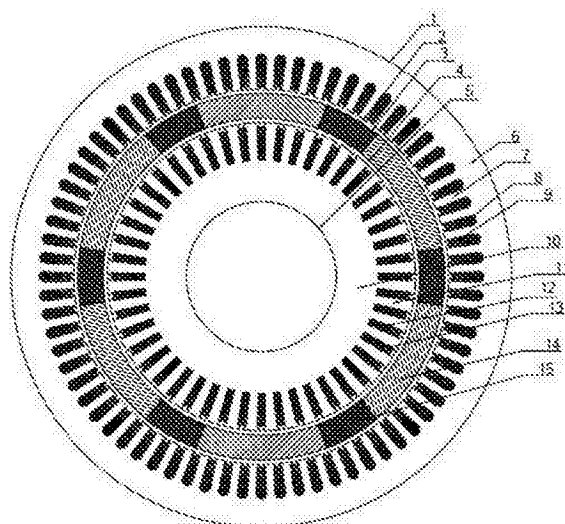
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机

(57)摘要

本发明是一种磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,该电机包括两个定子和一个磁阻转子,分别是外定子(1)、内定子(5)和磁阻转子(3),三者由外向内同心排列,内定子(5)和转子(3)之间有内气隙(2),外定子(1)和转子(3)之间有外气隙(4);所述外定子(1)包括外定子轭(6)、外定子齿(7)、外功率绕组(8)和往外控制绕组(9);所述内定子(5)包括内定子轭(10)、内定子齿(11)、内功率绕组(12)和内控制绕组(13);所述外定子(1)的内控制绕组(9)和所述内定子(5)内的功率绕组(12)组成一个工作组,所述外定子(1)内的外功率绕组(8)和所述内定子(5)内的内控制绕组(13)组成另一个工作组;所述转子(3)包括沿圆周均匀分布的导磁块(14)和非导磁块(15)。



1. 一种磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,该电机包括两个定子和一个磁阻转子,由外向内同心排列的分别是外定子(1)、内定子(5)和磁阻转子(3),内定子(5)和转子(3)之间有内气隙(4),外定子(1)和转子(3)之间有外气隙(2);所述外定子(1)包括外定子轭(6)、外定子齿(7)、外功率绕组(8)和外控制绕组(9);所述内定子(5)包括内定子轭(10)、内定子齿(11)、内功率绕组(12)和内控制绕组(13);所述外定子(1)内的外控制绕组(9)和所述内定子(5)内的内功率绕组(12)组成一个工作组,所述外定子(1)内的外功率绕组(8)和所述内定子(5)内的内控制绕组(13)组成另一个工作组;所述转子(3)包括沿圆周交替均匀分布的导磁块(14)和非导磁块(15);

所述外定子(1)中的外功率绕组(8)和内定子(5)中内功率绕组(12)的极对数均为 $p_{sw}$ ,转子(3)中的导磁块(14)的个数为 $n_r$ ,外定子(1)中的外控制绕组(9)和内定子(5)中的内控制绕组(13)的极对数均为 $p_{sc}$ ,三者满足关系: $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ 。

2. 如权利要求1所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,外定子(1)和内定子(5)中均有两套绕组,分别是功率绕组和控制绕组。

3. 如权利要求1所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,所述外功率绕组(8)和内功率绕组(12)的布置方式相同,外控制绕组(9)和内控制绕组(13)的布置方式相同。

4. 如权利要求1、2或3所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,外控制绕组(9)和内控制绕组(13)共用一台双向逆变器与电网相连,或分别使用一台双向逆变器与电网相连,外功率绕组(8)和内功率绕组(12)与电网直接相连。

5. 如权利要求1所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,所述两个工作组的容量之和为电机的总容量,两个工作组的容量占比可任意分配。

6. 如权利要求1所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,所述定子和转子均做成分块组装式。

7. 如权利要求1所述的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其特征在于,所述电机做成单相或者多相。

## 磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机技术领域,特别涉及一种磁阻转子、双定子、四电气端口无刷双馈电机。该电机既可作为变频调速电动机,也可作为变速恒频发电机。该电机的转子无绕组无永磁体,结构简单,机械强度高。该电机共有四套绕组,形成四个电气端口。

### 背景技术

[0002] 当今,环境污染、化石能源短缺、生态恶化等一系列危机人类生存的问题日益突出。化石能源的使用在其中关系重大。为了营造生态和谐、可持续发展的适合未来生存的环境,改善传统的化石能源为主的能源供应结构至关重要。清洁能源的形式多种多样,风能是其中的重要形式之一,得到了各国的大力发展。随着风电的发展,为了提高发电效率,降低单位容量的发电成本,单机容量越来越大。目前,德国、美国、丹麦等风电装备制造强国,已进入“风电8.0时代”,国内一批风电装备制造领先企业已着手研制更大容量的风机。随着海上风电的重新开启,大容量的风电装备将迎来新的发展机遇。

[0003] 不同的制造厂商发展了不同的技术方向。永磁直驱发电机组因省去了传统的传动装置,降低了机组的故障率,减小了机组的维护成本,且永磁电机极数越多,较其他形式电机效率高的优势越明显,所以永磁直驱的技术方向得到了青睐。但大容量的永磁直驱电机,体积庞大、重量巨大,5Mw的永磁直驱风电机组的重量就达300吨,若将大容量永磁直驱电机应用于海上风电工程中,机组的基建成本甚至比机组本身的成本还高,极其不利于降低风电成本。永磁直驱电机成本高、安装工艺复杂、永磁体充磁后不利于现场安转,且对短路、高温、多盐碱、多化学腐蚀等恶劣使用情况敏感,导致其在海上应用时挑战性更大。因此,研制大容量、体积小、重量轻、对恶劣环境敏感性低的新型发电机组意义重大。

[0004] 随着电机理论的深入研究,近年来发展出了一种磁场调制式无刷双馈电机,该电机源于绕线式异步电机的串级调速,国内沈阳工业大学、华中科技大学等高校对其进行了大量研究,但都局限于单定子的结构形式。单定子的无刷双馈电机定子中有两套绕组,靠特殊的同心式笼型转子或磁阻转子实现两套绕组间的耦合。该结构电机由于自身特点,体积大,功率密度低。为了充分利用电机内部空间,有人提出了双定子的无刷双馈电机,这种电机有内外两个定子和中间的杯形转子,两套绕组分别放在内外定子上,从结构上减弱了两套绕组间磁场的直接耦合,转子可使用磁阻转子也可使用绕线转子。但该结构电机可靠性偏低、容错能力差,若两套绕组之一出现故障,电机就不能工作。为了克服上述缺点,本文提出一种双定子四电气端口无刷双馈电机,该电机内外定子均有两套绕组,内定子的一套绕组和外定子的一套绕组组成一个工作组,四套绕组共形成两个工作组。若其中一个工作组出现问题,仍可保证机组的正常运行。另外,该电机更容易实现大容量设计,与同容量的两套绕组的无刷双馈电机相比,四电气端口电机的每个工作组的容量仅为总容量的一半,如此绕组的绝缘要求水平可降低。从上述可知,该磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机具有一定的科研价值和工程应用价值。

## 发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是提供一种磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,其使用磁阻转子,转子上无绕组无永磁体,结构简单可靠,具有四套绕组,共组成两个工作组,提高了可靠性和容错能力。

[0006] 技术方案:本发明的一种磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机包括两个定子和一个磁阻转子,由外向内同心排列的分别是外定子、内定子和磁阻转子,内定子和转子之间有内气隙,外定子和转子之间有外气隙;所述外定子包括外定子轭、外定子齿、外功率绕组和外控制绕组;所述内定子包括内定子轭、内定子齿、内功率绕组和内控制绕组;所述外定子内的外控制绕组和所述内定子内的内功率绕组组成一个工作组,所述外定子内的外功率绕组和所述内定子内的内控制绕组组成另一个工作组;所述转子包括沿圆周交替均匀分布的导磁块和非导磁块;

[0007] 所述外定子中的外功率绕组和内定子中内功率绕组的极对数均为 $p_{sw}$ ,转子中的导磁块的个数为 $n_r$ ,外定子中的外控制绕组和内定子中的内控制绕组的极对数均为 $p_{sc}$ ,三者满足关系: $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ 。

[0008] 其中,

[0009] 外定子和内定子中均有两套绕组,分别是功率绕组和控制绕组。

[0010] 所述外功率绕组和内功率绕组的布置方式相同,外控制绕组和内控制绕组的布置方式相同。

[0011] 外控制绕组和内控制绕组共用一台双向逆变器与电网相连,或分别使用一台双向逆变器与电网相连,外功率绕组和内功率绕组与电网直接相连。

[0012] 所述两个工作组的容量之和为电机的总容量,两个工作组的容量占比可任意分配。

[0013] 所述定子和转子均可做成分块组装式。

[0014] 所述电机可做成单相、三相或者多相。

[0015] 所述外定子和内定子均可作为凸极结构或隐极结构。

[0016] 有益效果:与现有同类电机相比,具有以下优点:

[0017] 1.采用杯形转子,充分利用电机内部空间,提高了电机的功率密度;

[0018] 2.采用四套绕组,形成两个独立的工作组,当一个工作组出现故障时,另一个工作组可正常工作,提高了电机的可靠性和容错能力;

[0019] 3.更容易满足大容量电机的设计要求。与两套绕组的无刷双馈电机相比,同等容量下,本发明电机的一个工作组的容量仅为电机总容量的一半,工作组中的绕组可设计成三相或者多相。比如将工作组中的绕组设计成三相形式,则电机本身相当于一台六相电机。同等容量下,电机的相数越多,每相承担的功率越少,可有效避免大容量电机设计时遇到的电压限制或者电流限制问题,同时多相电机在提高电机系统的可靠性和容错能力上具有明显优势。

[0020] 4.由于两套控制绕组都通入电流后,形成的两个磁场异性磁极相对,在异性磁极相互吸引的作用下,使磁场穿过磁阻转子时更加顺畅,不会在转子的导磁块中形成局部回路,从而减少了电机的漏磁通,提高了电机的功率因数和效率;

- [0021] 5. 转子为磁阻式转子,无永磁体无绕组,结构简单可靠,便于加工安装;
- [0022] 6. 定子和转子均可采用模块化结构,便于运输和现场安装;

### 附图说明

- [0023] 图1为本发明电机的结构截面示意图;
- [0024] 图2为本发明电机在250r/min空载时,(a)磁力线分布图,(b)内定子中的功率绕组反电动势波形图,(c)外定子中的功率绕组反电动势波形图;
- [0025] 图3为本发明电机在500r/min空载时,(a)磁力线分布图,(b)内定子中的功率绕组反电动势波形图,(c)外定子中的功率绕组反电动势波形图;
- [0026] 图4为本发明电机在750r/min空载时,(a)磁力线分布图,(b)内定子中的功率绕组反电动势波形图,(c)外定子中的功率绕组反电动势波形图。

### 具体实施方式

- [0027] 如图1所示,外定子、转子、内定子同心排列,由外向内,依次为外定子1、外气隙2、转子3、内气隙4和内定子5;所述外定子1包括外定子轭6、外定子齿7、嵌入槽内的双层的外功率绕组8和单层的外控制绕组9;所述内定子5包括内定子轭10、内定子齿11、嵌入槽内的双层的内功率绕组12和单层的内控制绕组13;所述转子3包括沿圆周均匀分布的导磁块14和非导磁块15。
- [0028] 磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机,由外向内依次布置外定子、转子和内定子,内外定子与转子间均存在气隙,分别称为内气隙和外气隙;外定子中放置一套外功率绕组8和外控制绕组9,内定子中放置一套内功率绕组12和内控制绕组13;外功率绕组8和内控制绕组13组成一个工作组1,外功率绕组12和内控制绕组9组成另一个工作组2;工作组中的两套绕组分别放置在内外定子上;
- [0029] 所述的两个定子和转子从左向右依次布置时,可构成轴向盘式结构的磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机;
- [0030] 所述的两个定子均可采用有齿槽结构或无齿槽结构;
- [0031] 所述的功率绕组和控制绕组均可采用分布式绕组或集中式绕组;
- [0032] 所述的功率绕组和控制绕组均可采用双层绕组或单层绕组;
- [0033] 所述转子由沿圆周方向间隔均匀分布的导磁块和非导磁块组成;导磁块的极弧系数一般选为0.65-0.75;
- [0034] 所述外定子中的内控制绕组13和内定子中的外控制绕组9可分别连接一台双向变频器与电网相连,也可共用一台双向变频器与电网相连;所述外定子中的外功率绕组12和内定子中的内功率绕组8可直接与电网相连;所述外定子中的控制绕组和功率绕组的设置方式与所述内定子中的控制绕组和功率绕组的设置方式相同;当电机转速变化时,调整控制绕组中的供电频率可保证功率绕组中的电流频率恒定;
- [0035] 所述工作组1和工作组2的容量可任意分配,两者的容量之和为电机的总容量,一般使工作组平均分配电机的容量;
- [0036] 所述内外定子中的控制绕组都馈入直流电时,磁阻转子双定子四电气端口无刷双馈电机可演化为电励磁磁阻转子双定子四电气端口无刷同步电机,作为同步电机使用;

[0037] 所述外定子中的功率绕组和所述内定子中的功率绕组的极对数均为 $p_{sw}$ ,所述外定子中的控制绕组和所述内定子中的控制绕组的极对数均为 $p_{sc}$ ,转子导磁块的个数为 $n_r$ ,三者满足关系: $n_r = p_{sw} + p_{sc}$ ;

[0038] 本发明也可设计成多相电机;

[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。

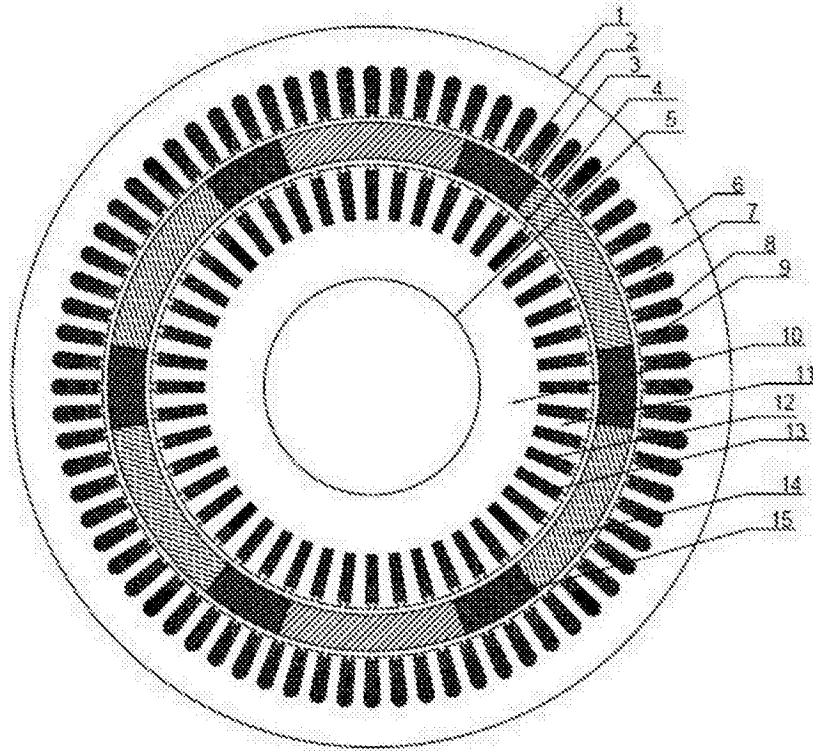
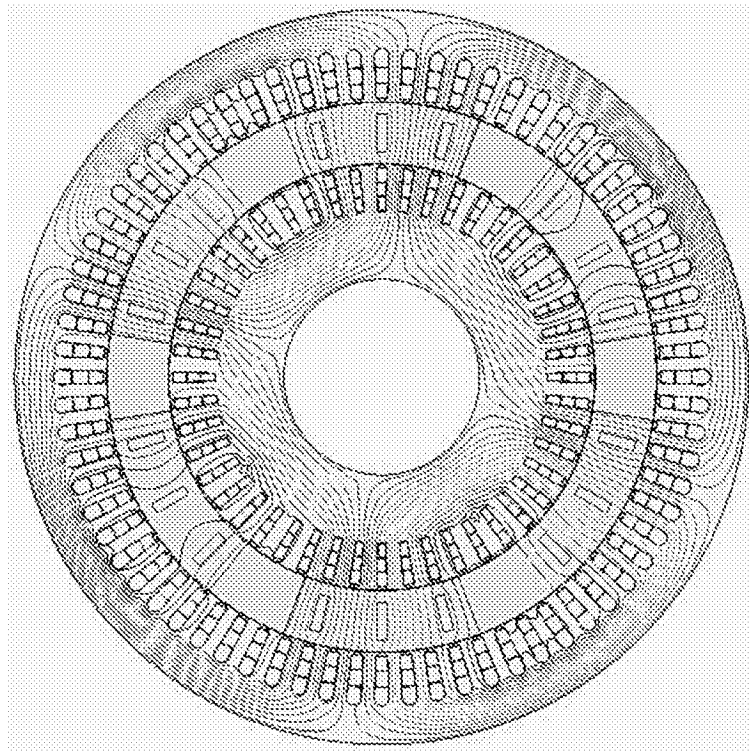
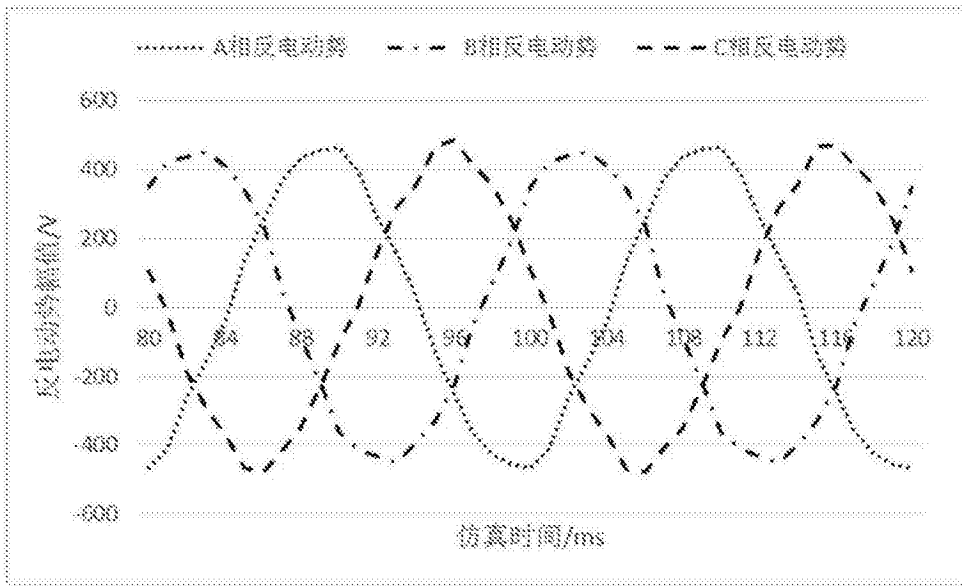


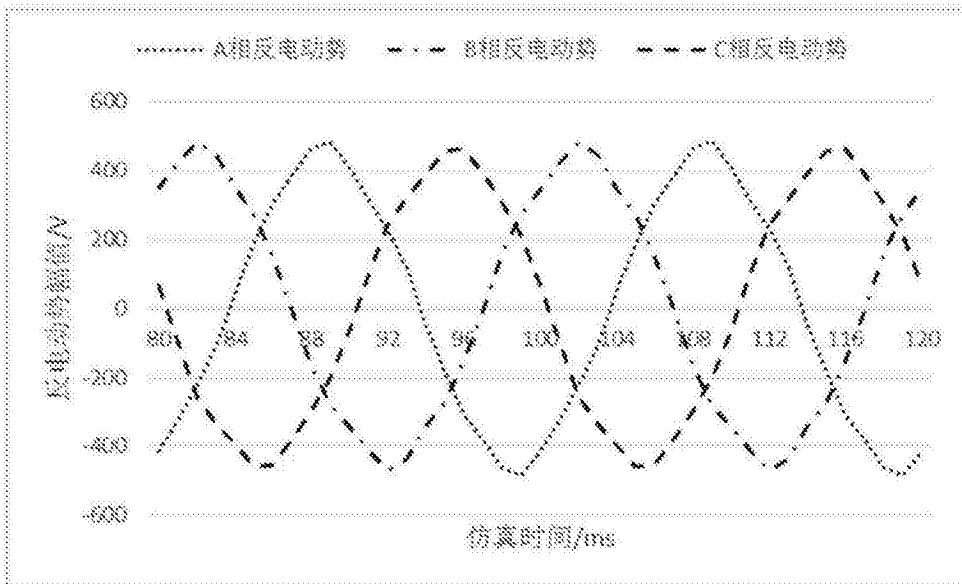
图1



(a)



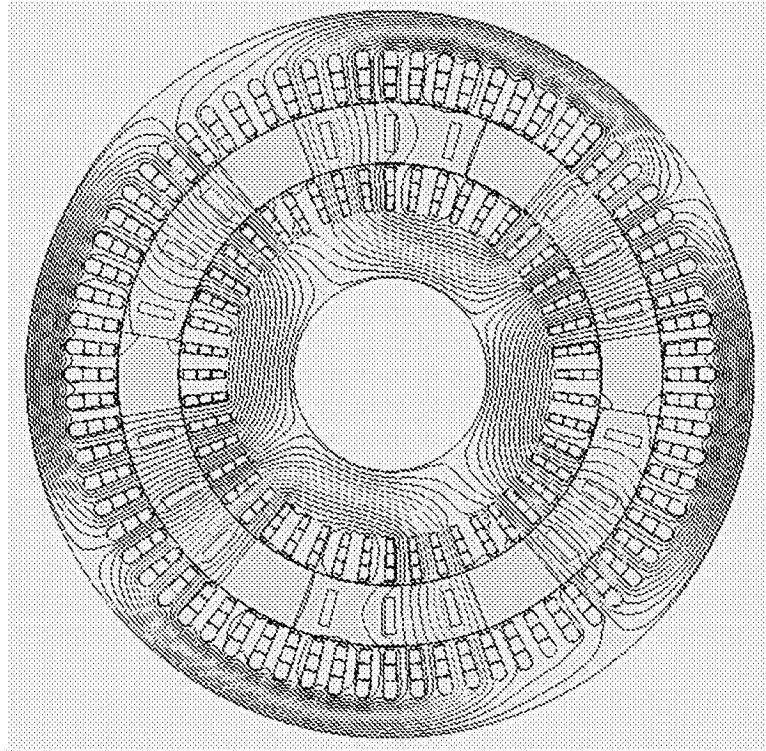
(b)



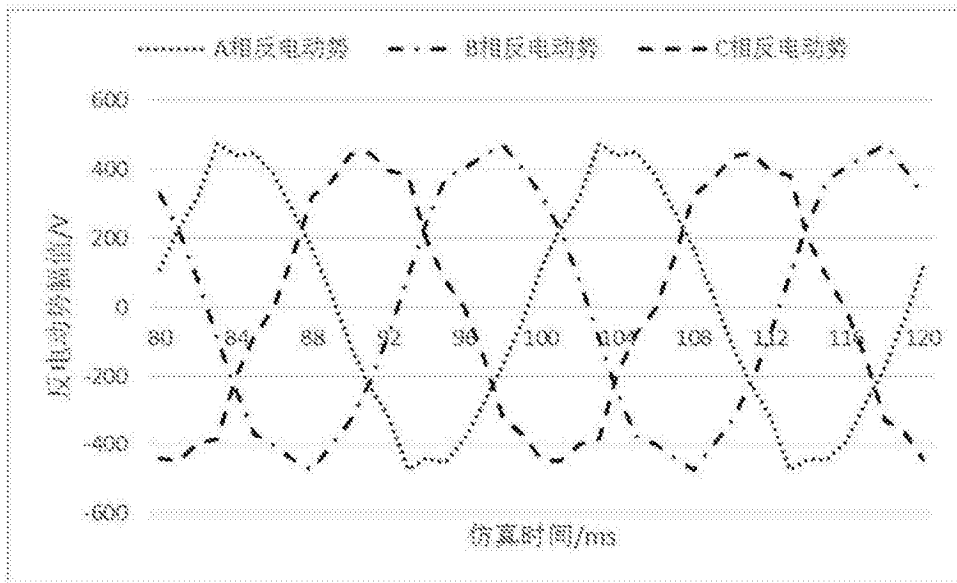
(c)

图2

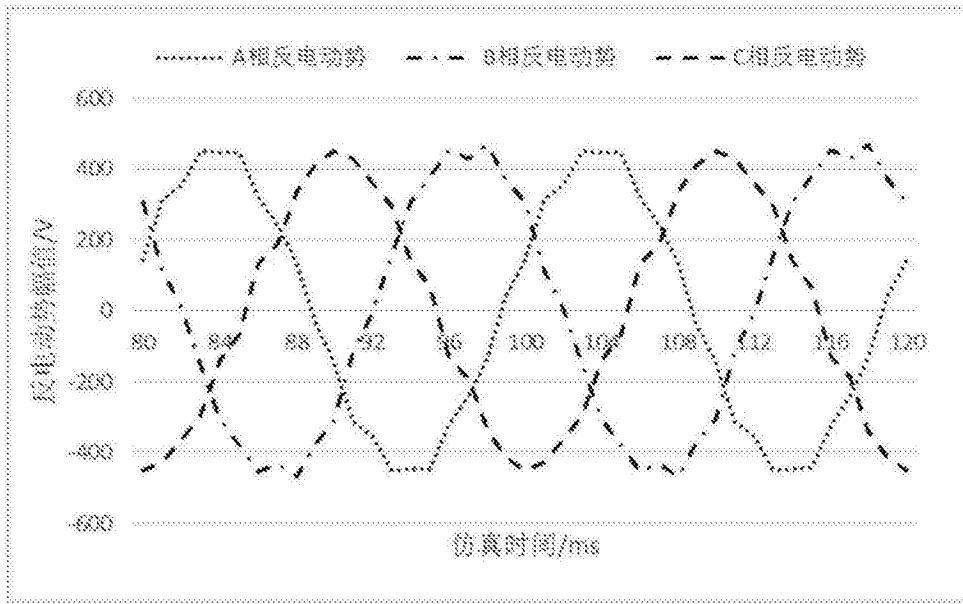




(a)

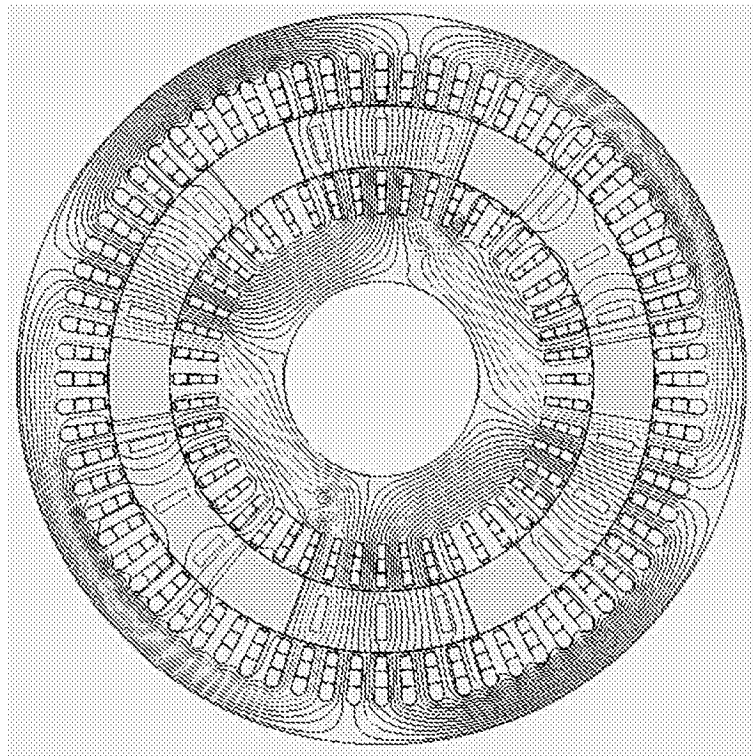


(b)

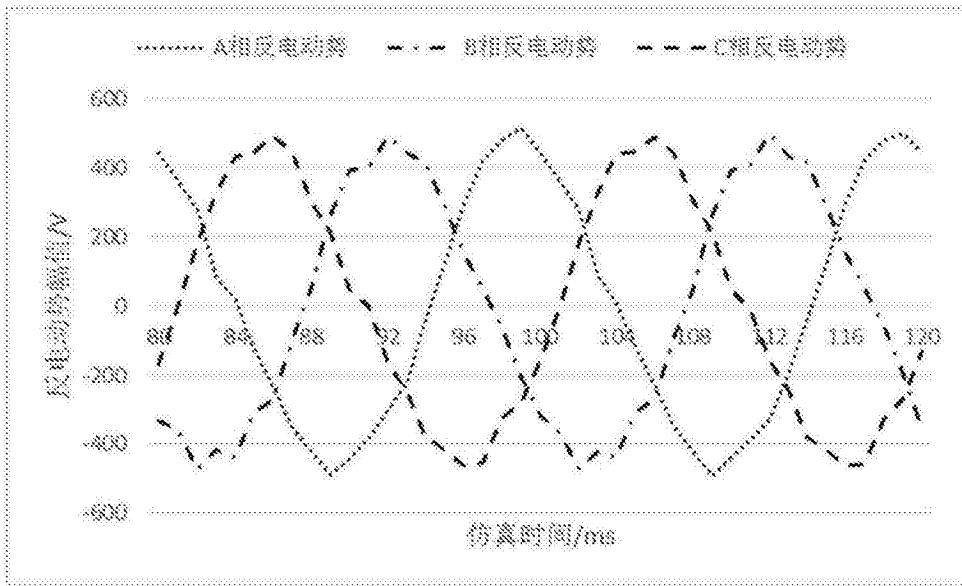


(c)

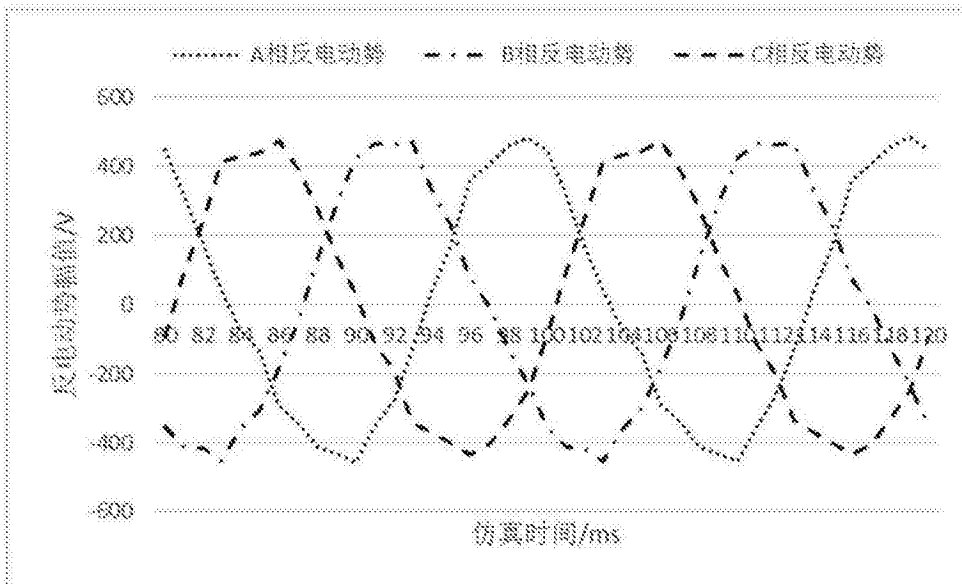
图3



(a)



(b)



(c)

图4