



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106712332 B

(45)授权公告日 2019.03.15

(21)申请号 201510472349.X

H02K 21/00(2006.01)

(22)申请日 2015.08.04

H02K 21/22(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H02K 41/02(2006.01)

申请公布号 CN 106712332 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.05.24

CN 104184230 A,2014.12.03,

(73)专利权人 香港理工大学

CN 104600881 A,2015.05.06,

地址 中国香港九龙红磡

JP 昭62-181650 A,1987.08.10,

(72)发明人 牛双霞 王青松 傅为农

CN 103647423 A,2014.03.19,

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

Ziad Azar,Z.Q.Zhu.Electromagnetic

有限公司 44217

performance analysis of synchronous

代理人 郭伟刚

reluctance machines having non-

(51)Int.Cl.

overlapping concentrated winding and AC

H02K 1/16(2006.01)

sinusoidal bipolar with DC bias

H02K 3/28(2006.01)

excitation.《Electric Machines & Drives

H02K 1/27(2006.01)

Conference IEEE》.2013,

H02K 1/17(2006.01)

审查员 黄倩

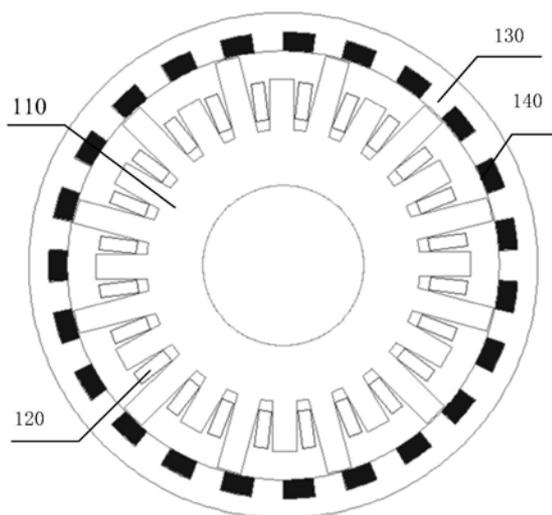
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

励磁直接控制交直流自解耦的宽转速调速电机

(57)摘要

本发明公开了一种励磁直接控制交直流自解耦的宽转速调速电机,其特征在于,包括定子、转子和永磁体,其中,定子包括定子铁心和电枢绕组,定子铁心设计为开口槽,电枢绕组设置在定子铁心的开口槽内,电枢绕组通过逆变器供电,产生带有直流偏置的交流电流,电枢绕组采用分布式集中绕组排列,每个绕组线圈缠绕在定子齿上;转子包括转子铁心。通过本发明提供的电机,简化了绕组结构,将现有混合励磁电机的直流绕组和交流绕组合并为一套绕组,降低了绕线难度,节省了绕组所占定子内空间,提高了电机的可靠性和控制灵活性,并能实现电机的宽转速范围调速。



1. 一种励磁直接控制交直流自解耦的宽转速调速电机,其特征在于,包括定子、转子和永磁体,其中,所述定子包括定子铁心和电枢绕组,所述定子铁心设计为开口槽,所述电枢绕组设置在所述定子铁心的所述开口槽内,所述电枢绕组通过逆变器供电,产生带有直流偏置的交流电流,所述电枢绕组采用分布式集中绕组排列,每个绕组线圈缠绕在定子齿上;所述转子包括转子铁心;所述直流偏置产生的磁场极对数等于定子凸极极对数,所述交流电流产生的旋转磁场的极对数与所述定子凸极极对数的和等于转子铁心的齿数。

2. 根据权利要求1所述的电机,其特征在于,所述永磁体固定设置于所述转子铁心上或所述定子铁心的齿部顶端。

3. 根据权利要求2所述的电机,其特征在于,所述电机为旋转电机,所述定子铁心沿圆周方向且靠近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿半径向外方向充磁或者沿半径向内方向充磁。

4. 根据权利要求2所述的电机,其特征在于,所述永磁体设置于所述转子铁心上时,所述永磁体的个数等于所述转子铁心的齿数;所述永磁体设置于所述定子铁心的所述齿部顶端时,所述永磁体的个数等于所述定子的凸极的极对数。

5. 根据权利要求1所述的电机,其特征在于,所述永磁体固定设置在所述转子铁心上和所述定子铁心的齿部顶端。

6. 根据权利要求5所述的电机,其特征在于,所述电机为直线电机,所述定子铁心沿垂直于所述转子向下的方向并贴近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿垂直于所述转子向上的方向充磁或者沿垂直于所述转子向下的方向充磁。

7. 根据权利要求5所述的电机,其特征在于,所述电机为旋转电机,所述定子铁心沿圆周方向且靠近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿半径向外方向充磁或者沿半径向内方向充磁。

8. 根据权利要求6或7所述的电机,其特征在于,设置于所述转子铁心上的所述永磁体的极对数等于所述转子铁心的齿数,设置于所述定子铁心的所述齿部顶端的所述永磁体的极对数等于所述定子的凸极的极对数。

9. 根据权利要求1所述的电机,其特征在于,所述定子铁心和所述转子铁心由齿槽式硅钢片叠制而成。

## 励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无刷同步电机领域,尤其涉及一种励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机。

### 背景技术

[0002] 随着新能源技术的发展,电机作为一种清洁能源驱动设备得到了广泛应用,尤其在电动汽车驱动和新能源发电等领域展现了良好的应用前景。和传统电励磁电机相比,永磁同步电机具有更高的功率密度和效率,更适合用于大扭矩直接驱动场合。此外,由于我国稀土材料丰富,也为永磁同步电机的发展提供了天然的资源优势。

[0003] 传统的永磁同步电机的励磁磁场主要由永磁体产生,其可调节性不强,并且当将永磁体放置于转子上时,需要对转子的位置进行精确的检测,导致了复杂的控制策略,因而限制了电机的调速范围,提高了控制成本。为解决该问题,国内外学者经过研究提出了混合励磁电机。

[0004] 混合励磁电机的基本原理是通过永磁体和直流绕组进行混合励磁,通过转子或定子齿部的磁场调制作用,实现励磁磁场与电枢绕组磁场之间的有效耦合,从而实现转矩传递的目的。由于混合励磁电机通过永磁体和直流线圈共同励磁,因此,通过控制直流电流的幅值便可对励磁磁场实现有效调节。然而,在混合励磁电机中同时存在直流励磁绕组和交流电枢绕组,当在槽面积一定情况下,直流励磁绕组占据很大比例的定子槽空间,使得交流电枢电流会相应减少,电机转矩密度会相应减少;另外混合励磁电机的结构复杂,在增加生产难度的同时也降低了电机的可靠性。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机,以改进现有的永磁电机弱磁控制困难和混合励磁电机绕组结构复杂的缺点。

[0006] 本发明为了解决上述技术问题,采用的技术方案是:一种励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机,包括定子、转子和永磁体,其中,所述定子包括定子铁心和电枢绕组,所述定子铁心设计为开口槽,所述电枢绕组设置在所述定子铁心的所述开口槽内,所述电枢绕组通过逆变器供电,产生带有直流偏置的交流电流,所述电枢绕组采用分布式集中绕组排列,每个绕组线圈缠绕在所述定子齿上;所述转子包括转子铁心。

[0007] 优选地,所述永磁体固定设置于所述转子铁心上或所述定子铁心的齿部顶端。

[0008] 优选地,所述电机为旋转电机,所述定子铁心沿圆周方向且靠近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿半径向外方向充磁或者沿半径向内方向充磁。

[0009] 优选地,所述永磁体设置于所述转子铁心上时,所述永磁体的个数等于所述转子铁心的齿数;所述永磁体设置于所述定子铁心的所述齿部顶端时,所述永磁体的所述个数等于所述定子的凸极的极对数。

[0010] 优选地,所述永磁体固定设置在所述转子铁心上和所述定子铁心的齿部顶端。

[0011] 优选地,所述电机为直线电机,所述定子铁心沿垂直于所述转子向下的方向并贴近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿垂直于所述转子向上的方向充磁或者沿垂直于所述转子向下的方向充磁。

[0012] 优选地,所述电机为旋转电机,所述定子铁心沿圆周方向且靠近所述转子的一侧开槽,所述永磁体沿半径向外方向充磁或者沿半径向内方向充磁。

[0013] 优选地,设置于所述转子铁心上的所述永磁体的极对数等于所述转子铁心的齿数,设置于所述定子铁心的所述齿部顶端的所述永磁体的极对数等于所述定子的凸极的极对数。

[0014] 优选地,所述直流偏置产生的磁场极对数等于定子凸极极对数,所述交流电流产生的旋转磁场的极对数与所述定子凸极极对数的和等于转子极对数。

[0015] 优选地,所述定子铁心和所述转子铁心由齿槽式硅钢片叠制而成。

[0016] 实施本发明实施例,具有如下有益效果:和普通磁场调制电机相比,本发明中的电机具有双向磁场调制能力,电机内部各磁源之间的耦合能力更强,电机具有更高的功率密度和效率;同时,和现有混合励磁电机相比,本发明中的电机仅采用一套交直流公用的绕组,该绕组通过逆变器进行供电,其中交流逆变器供电后产生一个旋转磁场,直流逆变器产生直流电流偏置,进而形成励磁磁场;本发明在现有磁场调制混合励磁电机的基础上,进一步简化了绕组结构,将现有混合励磁电机的直流绕组和交流绕组合并为一套绕组,降低了绕线难度,提高了电机的可靠性。

## 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为本发明第一实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机的结构示意图;

[0019] 图2是本发明第二实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机的结构示意图;

[0020] 图3是本发明第三实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机的结构示意图;

[0021] 图4是本发明第四实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机的结构示意图。

## 具体实施方式

[0022] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0023] 图1为本发明第一实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机

100的结构示意图。如图1所示,电机100为旋转电机,包括由定子铁心110和电枢绕组120构成的定子和由转子铁心130和转子永磁体140的转子。其中,定子铁心110设计为开口槽,沿圆周方向且靠近转子的一侧开槽。电枢绕组120设置在定子铁心110的开口槽内,电枢绕组120采用分布式集中绕组排列,每个绕组线圈放置在定子的一个齿部上,每相绕组的线圈通过串联或并联或串并联混合连接。转子铁心130设计为开口槽。转子永磁体140固定设置于转子铁心130的槽内。

[0024] 进一步地,在本发明一实施例中,定子铁心110和转子铁心130由齿槽式硅钢片叠制而成。

[0025] 进一步地,在本发明一实施例中,转子永磁体140的充磁方向相同,都沿半径向外方向充磁或者都沿半径向内方向充磁。

[0026] 进一步地,在本发明一实施例中,电枢绕组120与逆变器(图中未示出)相连,电枢绕组120的绕组线圈中可以产生可控的具有直流偏置的交流电流。

[0027] 进一步地,在本发明一实施例中,直流偏置电流产生的励磁磁场的极对数等于定子的凸极的极对数,交流电流产生的旋转磁场的极对数与定子的凸极的极对数两者之和等于转子铁心130的齿数。转子永磁体140的个数等于转子铁心130的齿数。

[0028] 图2为本发明第二实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机200的结构示意图。如图2所示,电机200为旋转电机,包括由定子铁心210、电枢绕组220以及定子永磁体230构成的定子和由转子铁心240构成的转子。其中,定子铁心210设计为开口槽,沿圆周方向且靠近转子的一侧开槽。电枢绕组220设置在定子铁心210的开口槽内,电枢绕组220采用分布式集中绕组排列,每个绕组线圈放置在定子的一个齿部上,每相绕组的线圈通过串联或并联或串并联混合连接。定子永磁体230固定设置在定子铁心210的齿部顶端。转子铁心240设计为开口槽。

[0029] 进一步地,在本发明一实施例中,定子铁心210和转子铁心240由齿槽式硅钢片叠制而成。

[0030] 进一步地,在本发明一实施例中,定子永磁体230的充磁方向相同,都沿半径向外方向充磁或者都沿半径向内方向充磁。

[0031] 进一步地,在本发明一实施例中,电枢绕组220与逆变器(图中未示出)相连,电枢绕组220的绕组线圈中可以产生可控的具有直流偏置的交流电流。

[0032] 进一步地,在本发明一实施例中,直流偏置电流产生的励磁磁场的极对数等于定子的凸极的极对数,交流电流产生的旋转磁场的极对数与定子的凸极的极对数两者之和等于转子铁心240的齿数。定子永磁体230的个数等于定子的凸极的极对数。

[0033] 图3为本发明第三实施例提供的励磁直接控制交直轴自解耦的宽转速调速电机300的结构示意图。图3将结合图1进行描述,图3与图1中相同标号的元件具有相同的功能,在此不再赘述。如图3所示,与图1所示的电机100不同的是,电机300还包括定子永磁体150,且定子永磁体150固定设置在定子铁心110的齿部顶端,定子永磁体150的极对数等于定子的凸极的极对数。通过将定子永磁体150设置在定子铁心110的齿部顶端,进一步提高了气隙磁场的密度,有利于提高电机的转矩输出。

[0034] 图4为本发明第四实施例提供的磁场调制式混合励磁电机400的结构示意图。如图4所示,磁场调制式混合励磁电机400为直线电机,包括由定子铁心410、电枢绕组420和定子

永磁体430构成的定子和由动子铁心440、动子永磁体450的动子。其中,定子铁心410设计为开口槽,沿垂直于动子向下的方向并贴近转子的一侧开槽。电枢绕组420设置在定子铁心410的开口槽内。定子永磁体430固定设置在定子铁心410的齿部顶端。动子铁心440设计为开口槽。动子永磁体450固定设置于转子铁心440上。

[0035] 进一步地,在本发明一实施例中,定子铁心410和动子铁心440由齿槽式硅钢片叠制而成。

[0036] 进一步地,在本发明一实施例中,定子永磁体430和动子永磁体450充磁方向一致。

[0037] 进一步地,在本发明一实施例中,电枢绕组420与逆变器(图中未示出)相连,电枢绕组420的绕组线圈中可以产生可控的具有直流偏置的交流电流。

[0038] 进一步地,在本发明一实施例中,直流偏置电流产生的励磁磁场的极对数等于定子的凸极的极对数,交流电流产生的旋转磁场的极对数与定子的凸极的极对数两者之和等于动子铁心440的齿数。定子永磁体430的极对数等于定子的凸极的极对数。动子永磁体450的极对数等于动子铁心440的齿数。

[0039] 具体而言,在工作时,每个绕组线圈放置在定子的一个齿部上,每相绕组通过串联或并联或者串并联混合连接。此外,电枢绕组的绕组线圈在逆变器供电时可以产生可控的具有直流偏置的交流电流。其中,电枢绕组中的交流电流成分产生一个基波极对数为 $P$ 的旋转磁场,该磁场一方面通过极对数为 $M$ 的定子凸极的磁场调制作用,产生极对数为 $Z$ ( $Z$ 为转子铁心齿数,同时也是转子永磁体的极对数)的磁场谐波,和极对数为 $P$ 的转子永磁体的磁场相互耦合产生稳定的电磁转矩;另一方面,该旋转磁场也可以在极对数为 $Z$ 的转子铁心的调制作用下,产生一个极对数为 $M$ 的磁场谐波,该谐波和绕组中直流偏置电流成分产生的极对数为 $M$ 的静止励磁磁场和极对数为 $M$ 的定子永磁体磁场相互作用,形成稳定的电磁转矩。

[0040] 同理,经过极对数为 $M$ 的定子凸极的调制作用,极对数为 $Z$ 的转子永磁体的磁场会产生极对数为 $P$ 的磁场谐波,该磁场谐波与交流电流成分产生的极对数为 $P$ 的旋转磁场相互作用,也会形成稳定的电磁转矩;类似地,由直流偏置电流成分产生的极对数为 $M$ 的静止励磁磁场和极对数为 $M$ 的定子永磁体磁场,经过极对数为 $Z$ 的转子铁心的调制作用,会形成极对数为 $P$ 的磁场谐波,该谐波与交流电流成分产生的极对数为 $P$ 的旋转磁场有效耦合,同样可以形成稳定的电磁转矩。

[0041] 由上述可知,由于定子铁心和转子铁心的磁导率远高于永磁体和空气的磁导率,因此定子和转子均具有磁场调制能力,电机具有双向磁场调制特性,该双向磁场调制特性是实现定子永磁体磁场、直流偏置电流成分产生的静止励磁磁场、交流电流成分产生的旋转磁场和转子永磁体磁场之间有效耦合的关键。通过控制逆变器,调节直流偏置电流的大小和方向,便可实现气隙磁场的有效调节,拓宽电机的调速范围和恒功率运行区域。

[0042] 有利地,和普通磁场调制电机相比,本发明中的电机具有双向磁场调制能力,电机内部各磁源之间的耦合能力更强,电机具有更高的功率密度和效率;同时,和现有混合励磁电机相比,本发明中的电机仅采用一套交,直流公用的绕组,该绕组通过逆变器进行供电,产生具有直流偏置的可控的交流电流,其中的交流电流成分产生一个旋转磁场,直流偏置电流成分产生励磁磁场;本发明在现有磁场调制混合励磁电机的基础上,进一步简化了绕组结构,将现有混合励磁电机的直流绕组和交流绕组合并为一套绕组,降低了绕线难度,提高了电机的可靠性和转矩密度。

[0043] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程,并依本发明权利要求所作的等同变化,仍属于发明所涵盖的范围。

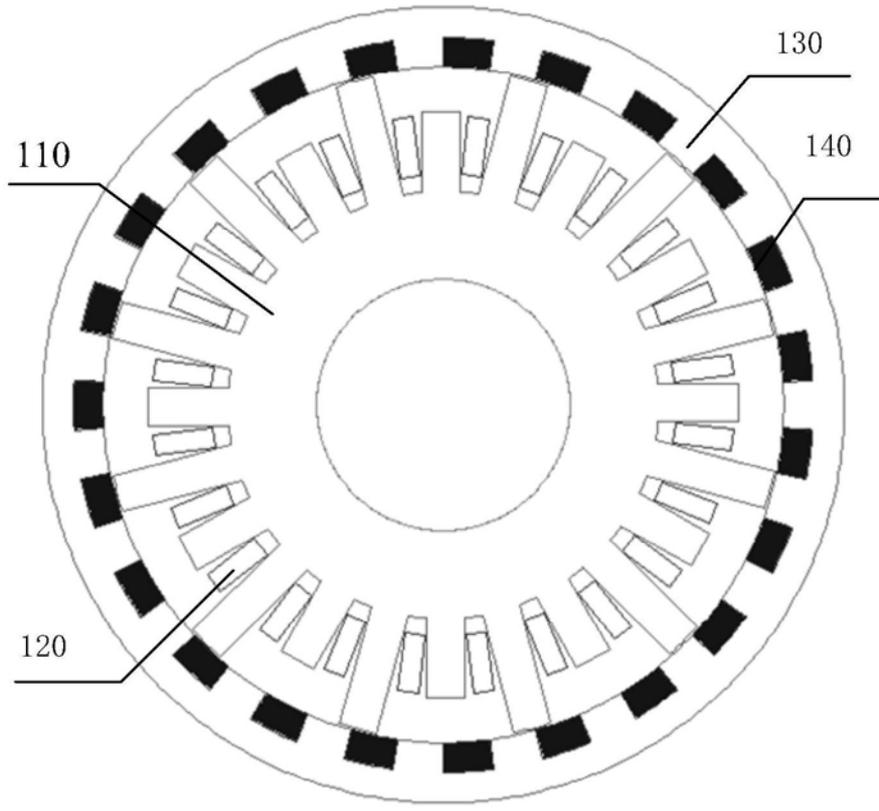


图1

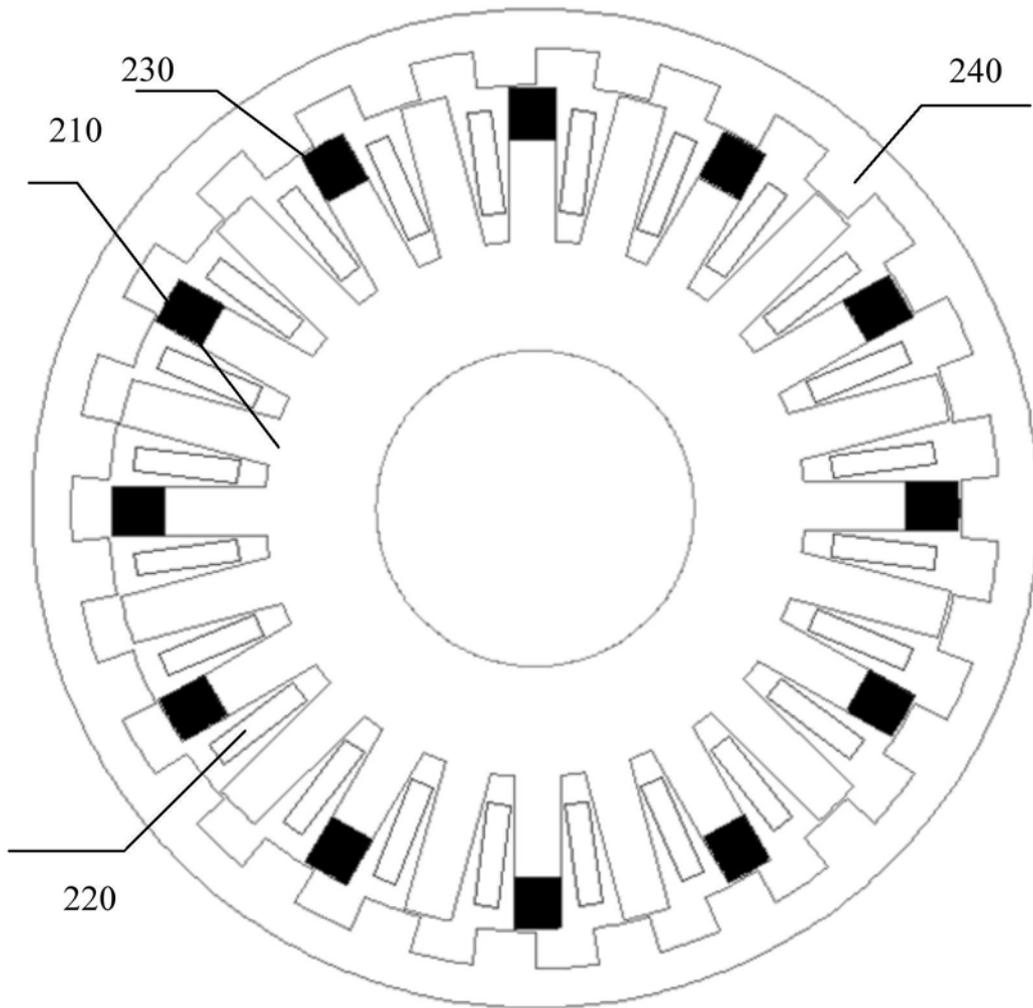


图2

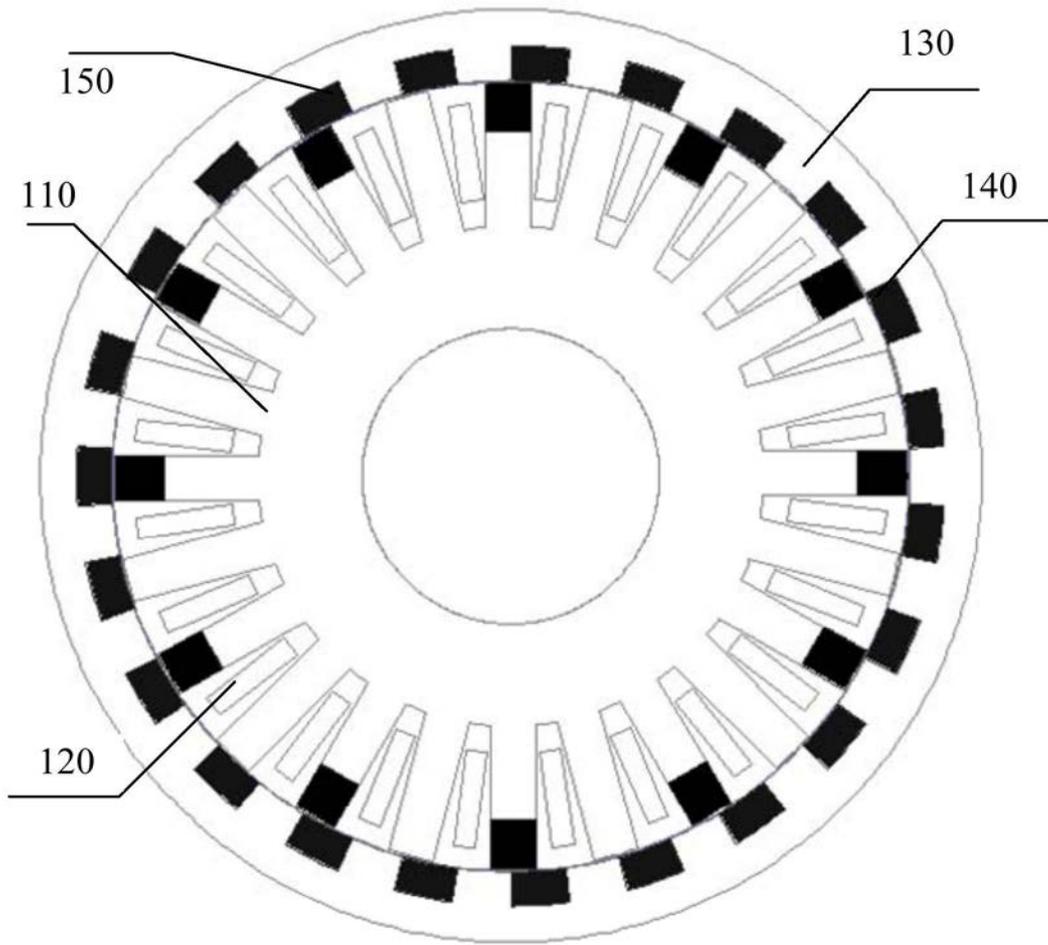


图3

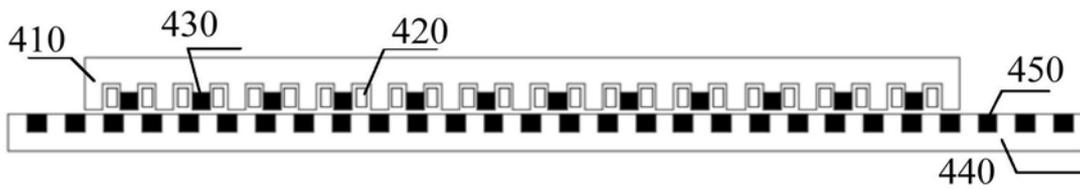


图4