



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112615519 A

(43) 申请公布日 2021. 04. 06

(21) 申请号 202011376747.9

(22) 申请日 2020.11.30

(71) 申请人 珠海格力电器股份有限公司  
地址 519070 广东省珠海市前山金鸡西路  
六号

(72) 发明人 李权锋 桂鹏千 陈彬 肖勇  
马晓皓 刘美扬

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240  
代理人 丰佩印

(51) Int. Cl.  
H02K 49/10 (2006.01)  
H02K 16/04 (2006.01)

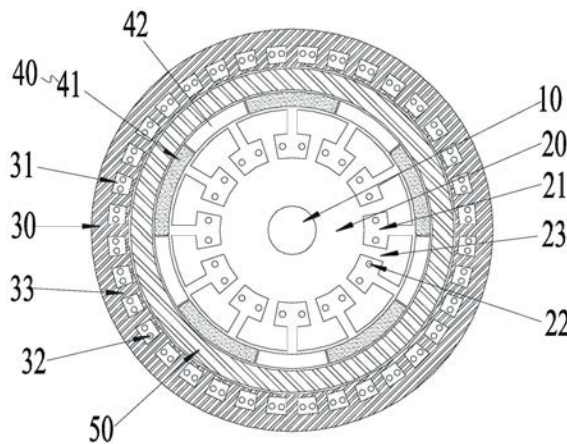
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

磁齿轮组件及具有其的复合电机

(57) 摘要

本发明提供了一种磁齿轮组件及具有其的复合电机,磁齿轮组件包括支撑轴、第一定子铁芯、第二定子铁芯和调磁环结构,第一定子铁芯设在支撑轴的外周侧,第一定子铁芯的第一定子槽内设置的第一定子绕组中通入直流电以产生静磁场;第二定子铁芯设在第一定子铁芯的外周侧,第二定子铁芯的第二定子槽内设置的第二定子绕组中通入交流电以产生旋转磁场;调磁环结构设置在第一定子铁芯和第二定子铁芯之间形成的第一环形间隙内,并与输出轴连接,调磁环结构的多个调磁块绕第一环形间隙的周向间隔地设置;其中,通过改变静磁场的极对数、以及旋转磁场的极对数可改变磁齿轮组件的传动比。本发明解决了现有技术中的磁齿轮组件无法实现变传动比功能的问题。



1. 一种磁齿轮组件,其特征在于,包括:

支撑轴(10);

第一定子铁芯(20),所述第一定子铁芯(20)设在所述支撑轴(10)的外周侧,所述第一定子铁芯(20)具有第一定子槽(21),所述第一定子槽(21)内设置有第一定子绕组(22),所述第一定子绕组(22)中通入直流电以产生静磁场,通过改变部分的所述第一定子绕组(22)中的直流电的电流方向以改变所述静磁场的极对数;

第二定子铁芯(30),所述第二定子铁芯(30)设在所述第一定子铁芯(20)的外周侧,所述第二定子铁芯(30)具有第二定子槽(31),所述第二定子槽(31)内设置有第二定子绕组(32),所述第二定子绕组(32)中通入交流电以产生旋转磁场,所述第二定子绕组(32)具有多根引出线,通过改变多根引出线的连接方式以改变所述旋转磁场的极对数;

调磁环结构(40),所述调磁环结构(40)设置在所述第一定子铁芯(20)和所述第二定子铁芯(30)之间形成的第一环形间隙内,并与输出轴连接,所述调磁环结构(40)包括多个调磁块(41),多个所述调磁块(41)绕所述第一环形间隙的周向间隔地设置;

其中,通过改变所述静磁场的极对数、以及所述旋转磁场的极对数可改变所述磁齿轮组件的传动比。

2. 根据权利要求1所述的磁齿轮组件,其特征在于,

所述静磁场在电流方向改变前的极对数为 $P_{21}$ ,所述静磁场在电流方向改变后的极对数为 $P_{22}$ ,所述旋转磁场在引出线的连接方式改变前的极对数为 $P_{41}$ ,所述旋转磁场在引出线的连接方式改变后的极对数为 $P_{42}$ ,所述调磁环结构(40)的调磁块(41)的个数为 $N_{31}$ ,其中, $P_{21} + P_{41} = P_{22} + P_{42} = N_{31}$ 。

3. 根据权利要求2所述的磁齿轮组件,其特征在于,

所述第一定子绕组(22)为两层绕组,每层绕组的匝数相同,均为 $N_2$ ;

所述第二定子绕组(32)为两层绕组,两层绕组中的一层绕组的匝数为 $N_4$ ,两层绕组中的另一层绕组的匝数为 $2 \times N_4$ 。

4. 根据权利要求3所述的磁齿轮组件,其特征在于,

所述第一定子槽(21)为多个,所述第一定子铁芯(20)包括多个第一定子齿(23),多个所述第一定子齿(23)沿所述第一定子铁芯(20)的外周面相间隔地设置,相邻的两个所述第一定子齿(23)之间形成所述第一定子槽(21),所述第一定子绕组(22)绕设在所述第一定子齿(23)上。

5. 根据权利要求4所述的磁齿轮组件,其特征在于,

所述第二定子槽(31)为多个,所述第二定子铁芯(30)包括多个第二定子齿(33),多个所述第二定子齿(33)沿所述第二定子铁芯(30)的外周面相间隔地设置,相邻的两个所述第二定子齿(33)之间形成所述第二定子槽(31),所述第二定子绕组(32)绕设在所述第二定子齿(33)上。

6. 根据权利要求5所述的磁齿轮组件,其特征在于,所述第一定子槽(21)的个数为 $N_{22}$ ,其中, $N_{22}$ 为偶数,且 $N_{22}$ 为 $P_{21}$ 和 $P_{22}$ 的最小公倍数的整数倍。

7. 根据权利要求6所述的磁齿轮组件,其特征在于,所述第二定子槽(31)的个数为 $N_{42}$ ,所述第二定子绕组(32)为三相绕组,在所述旋转磁场的极对数改变前,所述旋转磁场的极

对数为 $P_{41}$ ,每极每相的第二定子槽(31)的槽数为 $q_{41}$ ,其中, $q_{41} = \frac{N_{42}}{6P_{41}} = \frac{Z_{41}}{D_{41}}$ ,在所述旋转磁场的极对数改变后,所述旋转磁场的极对数为 $P_{42}$ ,每极每相的第二中定子槽(31)的槽数为 $q_{42}$ ,其中, $q_{42} = \frac{N_{42}}{6P_{42}} = \frac{Z_{42}}{D_{42}}$ ,其中, $Z_{41}$ 、 $D_{41}$ 和 $Z_{42}$ 、 $D_{42}$ 不可约且为正整数, $D_{41}$ 小于 $Z_{41}$ , $D_{42}$ 小于 $Z_{42}$ , $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为偶数,或者, $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为1。

8. 根据权利要求7所述的磁齿轮组件,其特征在于,所述磁齿轮组件还包括:

转子结构(50),所述转子结构(50)设置在所述调磁环结构(40)和所述第二定子铁芯(30)之间形成的环形间隙内。

9. 根据权利要求1所述的磁齿轮组件,其特征在于,

在所述磁齿轮组件的极对数改变前,所述第二定子绕组(32)产生的旋转磁场的旋转速度与所述输出轴的转速之间的第一比值为 $N_{31}/P_{41}$ ,所述第一比值为所述磁齿轮组件在极对数改变前的传动比;

在所述磁齿轮组件的极对数改变后,所述第二定子绕组(32)产生的旋转磁场的旋转速度与所述输出轴的转速之间的第二比值为 $N_{31}/P_{42}$ ,所述第二比值为所述磁齿轮组件在极对数改变后的传动比。

10. 根据权利要求1所述的磁齿轮组件,其特征在于,所述调磁环结构(40)还包括:

支撑部(42),相邻的两个所述调磁块(41)均与所述支撑部(42)连接。

11. 一种复合电机,所述复合电机包括磁齿轮组件,其特征在于,所述磁齿轮组件为权利要求1至10中任一项所述的磁齿轮组件。

## 磁齿轮组件及具有其的复合电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及非接触式传递技术领域,具体而言,涉及一种磁齿轮组件及具有其的复合电机。

### 背景技术

[0002] 现有技术中,磁齿轮组件因其无接触传动,且传动噪声小而备受青睐,但是,现有的磁齿轮组件在磁齿轮的结构和电磁方案确定后,磁齿轮组件的传动比随之确定,也就是说,磁齿轮组件的传动比为定值,无法实现变传动比的功能,而现有的部分磁齿轮组件通过串联多个连接模块,从而实现改变传动比的目的,但是,上述的磁齿轮组件由于串联多个连接模块,导致磁齿轮组件的整体结构冗余、复杂,且体积较大,致使磁齿轮组件的适用范围受限。

### 发明内容

[0003] 本发明的主要目的在于提供一种磁齿轮组件及具有其的复合电机,以解决现有技术中的磁齿轮组件无法实现变传动比功能的问题。

[0004] 为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供了一种磁齿轮组件,包括支撑轴、第一定子铁芯、第二定子铁芯和调磁环结构,第一定子铁芯设在支撑轴的外周侧,第一定子铁芯具有第一定子槽,第一定子槽内设置有第一定子绕组,第一定子绕组中通入直流电以产生静磁场,通过改变部分的第一定子绕组中的直流电的电流方向以改变静磁场的极对数;第二定子铁芯设在第一定子铁芯的外周侧,第二定子铁芯具有第二定子槽,第二定子槽内设置有第二定子绕组,第二定子绕组中通入交流电以产生旋转磁场,第二定子绕组具有多根引出线,通过改变多根引出线的连接方式以改变旋转磁场的极对数;调磁环结构设置在第一定子铁芯和第二定子铁芯之间形成的第一环形间隙内,并与输出轴连接,调磁环结构包括多个调磁块,多个调磁块绕第一环形间隙的周向间隔地设置;其中,通过改变静磁场的极对数、以及旋转磁场的极对数可改变磁齿轮组件的传动比。

[0005] 进一步地,静磁场在电流方向改变前的极对数为 $P_{21}$ ,静磁场在电流方向改变后的极对数为 $P_{22}$ ,旋转磁场在引出线的连接方式改变前的极对数为 $P_{41}$ ,旋转磁场在引出线的连接方式改变后的极对数为 $P_{42}$ ,调磁环结构的调磁块的个数为 $N_{31}$ ,其中, $P_{21}+P_{41}=P_{22}+P_{42}=N_{31}$ 。

[0006] 进一步地,第一定子绕组为两层绕组,每层绕组的匝数相同,均为 $N_2$ ;第二定子绕组为两层绕组,两层绕组中的一层绕组的匝数为 $N_4$ ,两层绕组中的另一层绕组的匝数为 $2 \times N_4$ 。

[0007] 进一步地,第一定子槽为多个,第一定子铁芯包括多个第一定子齿,多个第一定子齿沿第一定子铁芯的外周面相间隔地设置,相邻的两个第一定子齿之间形成第一定子槽,第一定子绕组绕设在第一定子齿上。

[0008] 进一步地,第二定子槽为多个,第二定子铁芯包括多个第二定子齿,多个第二定子

齿沿第二定子铁芯的外周面相间隔地设置,相邻的两个第二定子齿之间形成第二定子槽,第二定子绕组绕设在第二定子齿上。

[0009] 进一步地,第一定子槽的个数为 $N_{22}$ ,其中, $N_{22}$ 为偶数,且 $N_{22}$ 为 $P_{21}$ 和 $P_{22}$ 的最小公倍数的整数倍。

[0010] 进一步地,第二定子槽的个数为 $N_{42}$ ,第二定子绕组为三相绕组,在旋转磁场的极对数改变前,旋转磁场的极对数为 $P_{41}$ ,每极每相的第二定子槽的槽数为 $q_{41}$ ,其中, $q_{41} = \frac{N_{42}}{6P_{41}} = \frac{Z_{41}}{D_{41}}$ ,在旋转磁场的极对数改变后,旋转磁场的极对数为 $P_{42}$ ,每极每相的第二

中定子槽的槽数为 $q_{42}$ ,其中, $q_{42} = \frac{N_{42}}{6P_{42}} = \frac{Z_{42}}{D_{42}}$ ,其中, $Z_{41}$ 、 $D_{41}$ 和 $Z_{42}$ 、 $D_{42}$ 不可约且为正整数, $D_{41}$ 小于 $Z_{41}$ , $D_{42}$ 小于 $Z_{42}$ , $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为偶数,或者, $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为1。

[0011] 进一步地,磁齿轮组件还包括转子结构,转子结构设置在调磁环结构和第二定子铁芯之间形成的环形间隙内。

[0012] 进一步地,在磁齿轮组件的极对数改变前,第二定子绕组产生的旋转磁场的旋转速度与输出轴的转速之间的第一比值为 $N_{31}/P_{41}$ ,第一比值为磁齿轮组件在极对数改变前的传动比;在磁齿轮组件的极对数改变后,第二定子绕组产生的旋转磁场的旋转速度与输出轴的转速之间的第二比值为 $N_{31}/P_{42}$ ,第二比值为磁齿轮组件在极对数改变后的传动比。

[0013] 进一步地,调磁环结构还包括支撑部,相邻的两个调磁块均与支撑部连接。

[0014] 根据本发明的另一方面,提供了一种复合电机,复合电机包括磁齿轮组件,磁齿轮组件为上述的磁齿轮组件。

[0015] 应用本发明的技术方案,通过将磁齿轮组件的第一定子铁芯的第一定子槽内设置第一定子绕组,同时将第二定子铁芯的第二定子槽内设置第二定子绕组,这样,由换向原理可知,通过改变部分第一定子绕组中的直流电的电流方向实现改变静磁场的极对数的目的,由移相原理可知,通过改变第二定子绕组中的多根引出线的连接方式实现改变旋转磁场的极对数的目的,进而实现改变磁齿轮组件的传动比的目的,此外,由于调磁环结构与输出轴连接,确保通过调磁环结构的调制作用后能够输出不同的转矩和转速,结构紧凑且简单,有利于磁齿轮组件的小型化设计,确保磁齿轮组件能够适用于不同的应用场所。

## 附图说明

[0016] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0017] 图1示出了根据本发明的一种可选实施例的复合电机的磁齿轮组件的剖视结构示意图;

[0018] 图2示出了图1中的磁齿轮组件的第一定子铁芯极对数变化的直流电的流向控制示意图;

[0019] 图3示出了图1中的磁齿轮组件的第二定子铁芯的第二定子绕组的接线示意图;

[0020] 图4示出了图1中的磁齿轮组件变极前的磁密分布示意图;

[0021] 图5示出了图1中的磁齿轮组件变极后的磁密分布示意图。

[0022] 其中,上述附图包括以下附图标记:

[0023] 10、支撑轴；20、第一定子铁芯；21、第一定子槽；22、第一定子绕组；23、第一定子齿；30、第二定子铁芯；31、第二定子槽；32、第二定子绕组；33、第二定子齿；40、调磁环结构；41、调磁块；42、支撑部；50、转子结构。

### 具体实施方式

[0024] 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，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。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。

[0025] 为了解决现有技术中的磁齿轮组件无法实现变传动比功能的问题，本发明提供了一种磁齿轮组件和复合电机，复合电机包括磁齿轮组件，磁齿轮组件为上述和下述的磁齿轮组件。

[0026] 如图1所示，磁齿轮组件包括支撑轴10、第一定子铁芯20、第二定子铁芯30和调磁环结构40，第一定子铁芯20设在支撑轴10的外周侧，第一定子铁芯20具有第一定子槽21，第一定子槽21内设置有第一定子绕组22，第一定子绕组22中通入直流电以产生静磁场，通过改变部分的第一定子绕组22中的直流电的电流方向以改变静磁场的极对数；第二定子铁芯30设在第一定子铁芯20的外周侧，第二定子铁芯30具有第二定子槽31，第二定子槽31内设置有第二定子绕组32，第二定子绕组32中通入交流电以产生旋转磁场，第二定子绕组32具有多根引出线，通过改变多根引出线的连接方式以改变旋转磁场的极对数；调磁环结构40设置在第一定子铁芯20和第二定子铁芯30之间形成的第一环形间隙内，并与输出轴连接，调磁环结构40包括多个调磁块41，多个调磁块41绕第一环形间隙的周向间隔地设置；其中，通过改变静磁场的极对数、以及旋转磁场的极对数可改变磁齿轮组件的传动比。

[0027] 通过将磁齿轮组件的第一定子铁芯20的第一定子槽21内设置第一定子绕组22，同时将第二定子铁芯30的第二定子槽31内设置第二定子绕组32，这样，由换向原理可知，通过改变部分第一定子绕组22中的直流电的电流方向实现改变静磁场的极对数的目的，由移相原理可知，通过改变第二定子绕组32中的多根引出线的连接方式实现改变旋转磁场的极对数的目的，进而实现改变磁齿轮组件的传动比的目的，此外，由于调磁环结构40与输出轴连接，确保通过调磁环结构40的调制作用后能够输出不同的转矩和转速，结构紧凑且简单，有利于磁齿轮组件的小型化设计，确保磁齿轮组件能够适用于不同的应用场所。

[0028] 需要说明的是，在本申请中，静磁场在电流方向改变前的极对数为 $P_{21}$ ，静磁场在电流方向改变后的极对数为 $P_{22}$ ，旋转磁场在引出线的连接方式改变前的极对数为 $P_{41}$ ，旋转磁场在引出线的连接方式改变后的极对数为 $P_{42}$ ，调磁环结构40的调磁块41的个数为 $N_{31}$ ，其中， $P_{21}+P_{41}=P_{22}+P_{42}=N_{31}$ 。这样，确保磁齿轮组件中的静磁场由第一定子绕组22产生，旋转磁场由第二定子绕组32产生，避免了使用永磁体，此外，根据换向原理可知，通过改变第一定子绕组22中的直流电的电流方向，从而改变静磁场的极对数，同时，通过改变第二定子绕组32的多根引出线的连接方式，从而改变旋转磁场的极对数，进而实现改变磁齿轮组件的传动比的目的。

[0029] 可选地，第一定子绕组22为两层绕组，每层绕组的匝数相同，均为 $N_2$ 。这样，确保磁

齿轮组件在变极前和变极后均能够产生稳定的静磁场。

[0030] 可选地,第二定子绕组32为三相绕组,且第二定子绕组32包括两层绕组,两层绕组中的一层绕组的匝数为 $N_4$ ,两层绕组中的另一层绕组的匝数为 $2 \times N_4$ 。这样,确保磁齿轮组件在变极前和变极后三相能够始终保持平衡状态,从而确保磁齿轮组件变极前和变极后均能够产生稳定的旋转磁场。

[0031] 如图3所示,不带有方框“□”的数字代表一层绕组,该层绕组的匝数为 $N_4$ ,带有方框“□”的数字表示另一层绕组,该层绕组的匝数为 $2 \times N_4$ ,且第二定子绕组32采用分布卷绕制,节距为6。

[0032] 如图4和图5所示,其中,图4示出了磁齿轮组件变极前的磁密分布示意图,图5示出了磁齿轮组件变极后的磁密分布示意图,由图4和图5可知,磁齿轮组件在变极前和变极后的磁密分布均发生了变化,确保通过改变磁齿轮组件的极对数能够实现传动比的改变。

[0033] 如图1所示,第一定子槽21为多个,第一定子铁芯20包括多个第一定子齿23,多个第一定子齿23沿第一定子铁芯20的外周面相间隔地设置,相邻的两个第一定子齿23之间形成第一定子槽21,第一定子绕组22绕设在第一定子齿23上。这样,确保第一定子绕组22的绕设可靠性,避免第一定子绕组22出现脱落现象,从而保证第一定子绕组22的作业可靠性。

[0034] 如图1所示,第二定子槽31为多个,第二定子铁芯30包括多个第二定子齿33,多个第二定子齿33沿第二定子铁芯30的外周面相间隔地设置,相邻的两个第二定子齿33之间形成第二定子槽31,第二定子绕组32绕设在第二定子齿33上。这样,确保第二定子绕组32的绕设可靠性,避免第二定子绕组32出现脱落现象,从而保证第二定子绕组32的作业可靠性。

[0035] 需要说明的是,在本申请中,根据换向原理可知,改变多个第一定子绕组22中的一半第一定子绕组22中的直流电的电流方向,才能够改变静磁场的极对数,可选地,第一定子槽21的个数为 $N_{22}$ ,其中, $N_{22}$ 为偶数,且 $N_{22}$ 为 $P_{21}$ 和 $P_{22}$ 的最小公倍数的整数倍。

[0036] 如图1和图2所示,第一定子槽21的个数为 $N_{22}$ 为12个,第一定子绕组22的引出线为3根,静磁场在电流方向改变前的极对数为 $P_{21}$ 为2对极,静磁场在电流方向改变后的极对数为 $P_{22}$ 为3对极,第一定子绕组22中通入直流电,并用4个晶闸管改变第一定子绕组22中的一半第一定子绕组22中的直流电的电流方向,从而使得静磁场的极对数能够在2和3之间切换。

[0037] 表1第一定子铁芯20在变极前和变极后各晶闸管的控制方式

|        |              |      |    |    |    |    |
|--------|--------------|------|----|----|----|----|
| [0038] | 变极前 $P_{21}$ | 序号   | 1  | 2  | 3  | 4  |
|        |              | 导通情况 | 导通 | 关断 | 关断 | 导通 |
|        | 变极前 $P_{22}$ | 序号   | 1  | 2  | 3  | 4  |
|        |              | 导通情况 | 关断 | 导通 | 导通 | 关断 |

[0039] 需要说明的是,在本申请中,第二定子槽31的个数为 $N_{42}$ ,第二定子绕组32为三相绕组,在旋转磁场的极对数改变前,旋转磁场的极对数为 $P_{41}$ ,每极每相的第二定子槽31的槽数为 $q_{41}$ ,其中, $q_{41} = \frac{N_{42}}{6P_{41}} = \frac{Z_{41}}{D_{41}}$ ,在旋转磁场的极对数改变后,旋转磁场的极对数为 $P_{42}$ ,每极

每相的第二中定子槽31的槽数为 $q_{42}$ ,其中, $q_{42} = \frac{N_{42}}{6P_{42}} = \frac{Z_{42}}{D_{42}}$ ,其中, $Z_{41}$ 、 $D_{41}$ 和 $Z_{42}$ 、 $D_{42}$ 不可约且为正整数, $D_{41}$ 小于 $Z_{41}$ , $D_{42}$ 小于 $Z_{42}$ , $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为偶数,或者, $D_{41}$ 、 $D_{42}$ 为1。

[0040] 需要说明的是,在本申请中,为了确保通过改变第二定子绕组32的多根引出线的连接方式能够改变旋转磁场的极对数,且在旋转磁场的极对数改变前和改变后三相绕组能够平衡,需满足以下关系:

$$N_{42} = 6Z_{41} \cdot Z_{42} = 6N^*$$

其中,  $N^*$  为任意正整数。

$$P_{41} \neq 2N^*P_{42} \text{ 且 } P_{42} \neq 2N^*P_{41}$$

[0041] 需要说明的是,在本申请中,磁齿轮组件还包括转子结构50,转子结构50设置在调磁环结构40和第二定子铁芯30之间形成的环形间隙内。

[0042] 如图1和图3所示,第二定子槽31的个数为 $N_{42}$ 为36个,第二定子绕组32的引出线为6根,旋转磁场在引出线的连接方式改变前的极对数为 $P_{41}$ 为3对极,旋转磁场在引出线的连接方式改变后的极对数为 $P_{42}$ 为2对极,向第二定子绕组32的引出线中通入频率为 $f$ 的正弦三相交流电,从而产生旋转磁场,该旋转磁场经过转子结构50形成闭合的旋转磁场,通过改变第二定子绕组32的6根引出线的连接方式,从而改变旋转磁场的极对数。

[0043] 具体而言,如图3所示,当将图中标有 $A_6$ 、 $B_6$ 、 $C_6$ 的三根引出线作为公共端,且图中标有 $A_4$ 、 $B_4$ 、 $C_4$ 的三根引出线作为电源输入时,第二定子铁芯30产生的旋转磁场的极对数为2对极,旋转磁场的旋转速度为 $30f$ ;反之,当将图中标有 $A_4$ 、 $B_4$ 、 $C_4$ 的三根引出线作为公共端,且图中标有 $A_6$ 、 $B_6$ 、 $C_6$ 的三根引出线作为电源输入时,第二定子铁芯30产生的旋转磁场的极对数为3对极,旋转磁场的旋转速度为 $20f$ 。在旋转磁场的极对数改变前,A相支路为 $m_1$ 、 $n_1$ 、 $j_1$ ,在旋转磁场的极对数改变后,A相支路为 $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ ,通过移相原理,将原本为B、C相的支路 $m_2$ 、 $m_3$ 划归于A相,从而完成旋转磁场的极对数的改变。

[0044] 可选地,根据移相原理,将变极前的部分属于A相的第二定子绕组32划归至B、C相,同样,将部分属于B相的第二定子绕组32划归至A、C相,将部分属于C相的第二定子绕组32划归至A、B相,每个第二定子槽31内的不同匝数的第二定子绕组32的设置可使移相前后均能保证三相平衡。

[0045] 需要说明的是,在本申请中,调磁环结构40的调磁块41的个数为 $N_{31}$ 为5,静磁场在电流方向改变前的极对数为 $P_{21}$ 为2对极,静磁场在电流方向改变后的极对数为 $P_{22}$ 为3对极,旋转磁场在引出线的连接方式改变前的极对数为 $P_{41}$ 为3对极,旋转磁场在引出线的连接方式改变后的极对数为 $P_{42}$ 为2对极,以调磁环结构40作为输出轴时,在磁齿轮组件的极对数改变前,第二定子绕组32产生的旋转磁场的旋转速度与输出轴的转速之间的第一比值为 $N_{31}/P_{41}$ ,第一比值为磁齿轮组件在极对数改变前的传动比,该传动比 $N_{31}/P_{41}$ 为1.67,在磁齿轮组件的极对数改变后,第二定子绕组32产生的旋转磁场的旋转速度与输出轴的转速之间的第二比值为 $N_{31}/P_{42}$ ,第二比值为磁齿轮组件在极对数改变后的传动比,该传动比 $N_{31}/P_{42}$ 为2.5。可见,磁齿轮组件的极对数改变后的传动比高于极对数改变前的传动比。

[0046] 如图1所示,调磁环结构40还包括支撑部42,相邻的两个调磁块41均与支撑部42连接。这样,确保支撑部42能够为调磁块41提供支撑作用力。

[0047] 需要说明的是,在本申请中,为了减小损耗,调磁块41由软磁材料叠压而成,支撑部42由非导磁性材料组成,如环氧树脂等,以提升调磁环结构40的强度和刚度。

[0048] 需要说明的是,在本申请中,第一定子绕组22分布及连接为6槽2/3对极,第二定子绕组32分布及连接为72槽4/3对极。

[0049] 需要说明的是,在本申请中,考虑到旋转磁场的旋转速度与输出轴的转速之间的

比值为磁齿轮组件的传动比,那么只需要保证第一定子绕组22和第二定子绕组32中,有一个绕组中通入直流电产生静磁场,另外一个绕组中通入交流电产生旋转磁场即可。

[0050] 可选地,第一定子铁芯20的第一定子绕组22中通入交流电产生旋转磁场,在变极前和变极后的旋转磁场的极对数分别为 $P_{21}$ 、 $P_{22}$ ,第二定子铁芯30的第二定子绕组32中通入直流电产生静磁场,在变极前和变极后的静磁场的极对数分别为 $P_{41}$ 、 $P_{42}$ ,则磁齿轮组件的传动比由 $(P_{21}+P_{41})/P_{21}$ 变为 $(P_{21}+P_{41})/P_{22}$ 。需要说明的是,该实施例与上述实施例的区别在于,电流的流向控制,对应的图2和图3中的电流的流向的控制应与该实施例相匹配,但由于使用的换向原理和上述实施例的相同,故而针对本实施例的电流流向的控制示意图没有给出。

[0051] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0052] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时,应当明白,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应注意:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0053] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其他器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位),并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0054] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、工作、器件、组件和/或它们的组合。

[0055] 需要说明的是,本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本申请的实施方式能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。

[0056] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修

改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

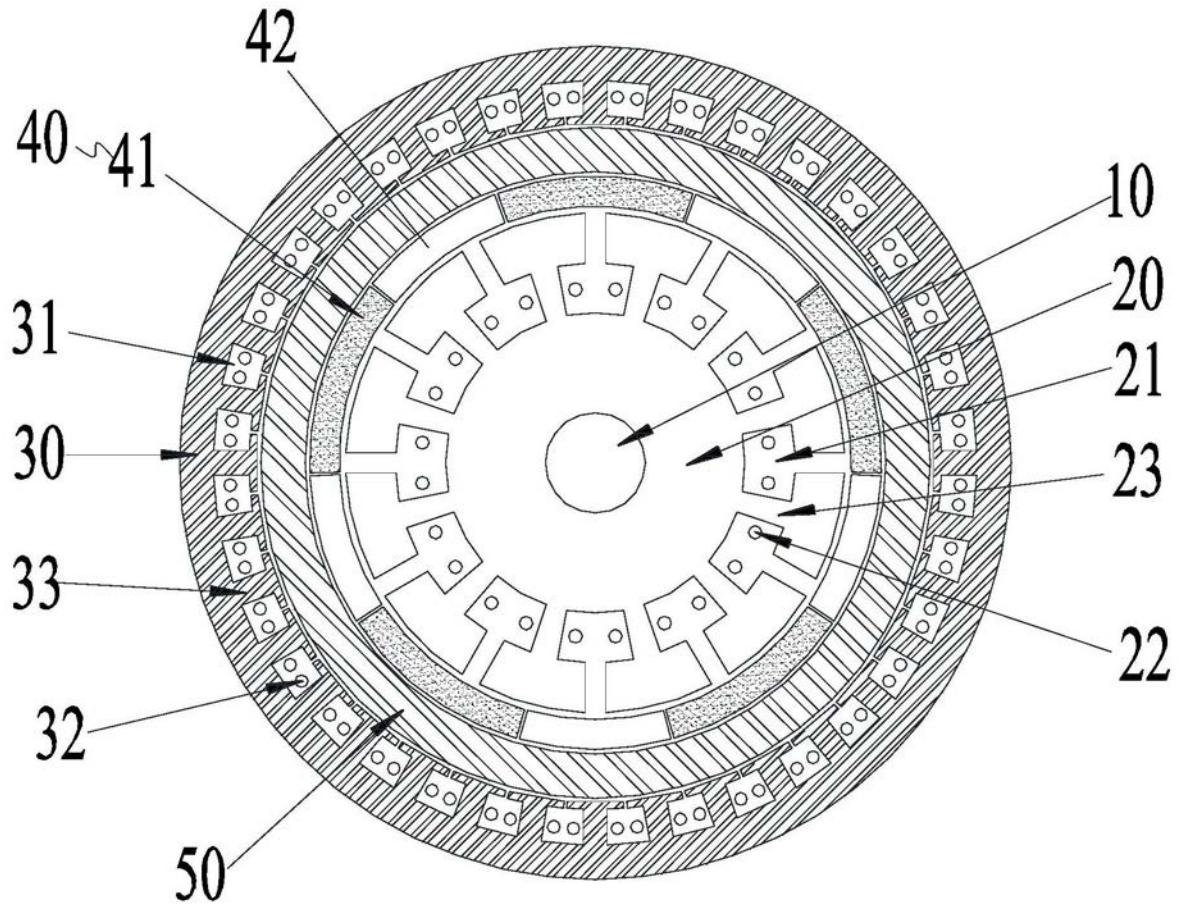


图1

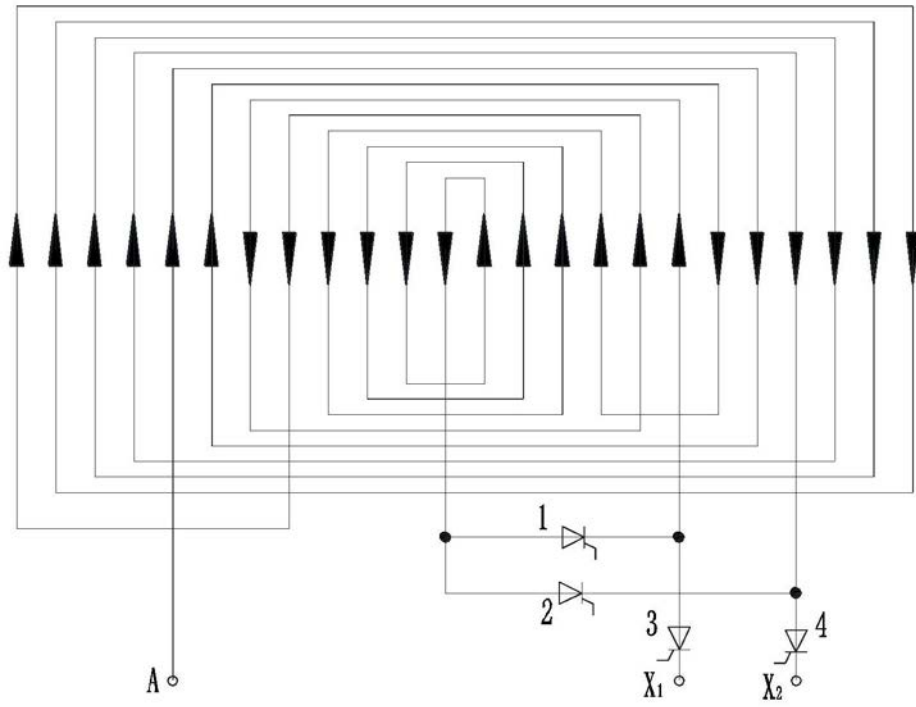


图2

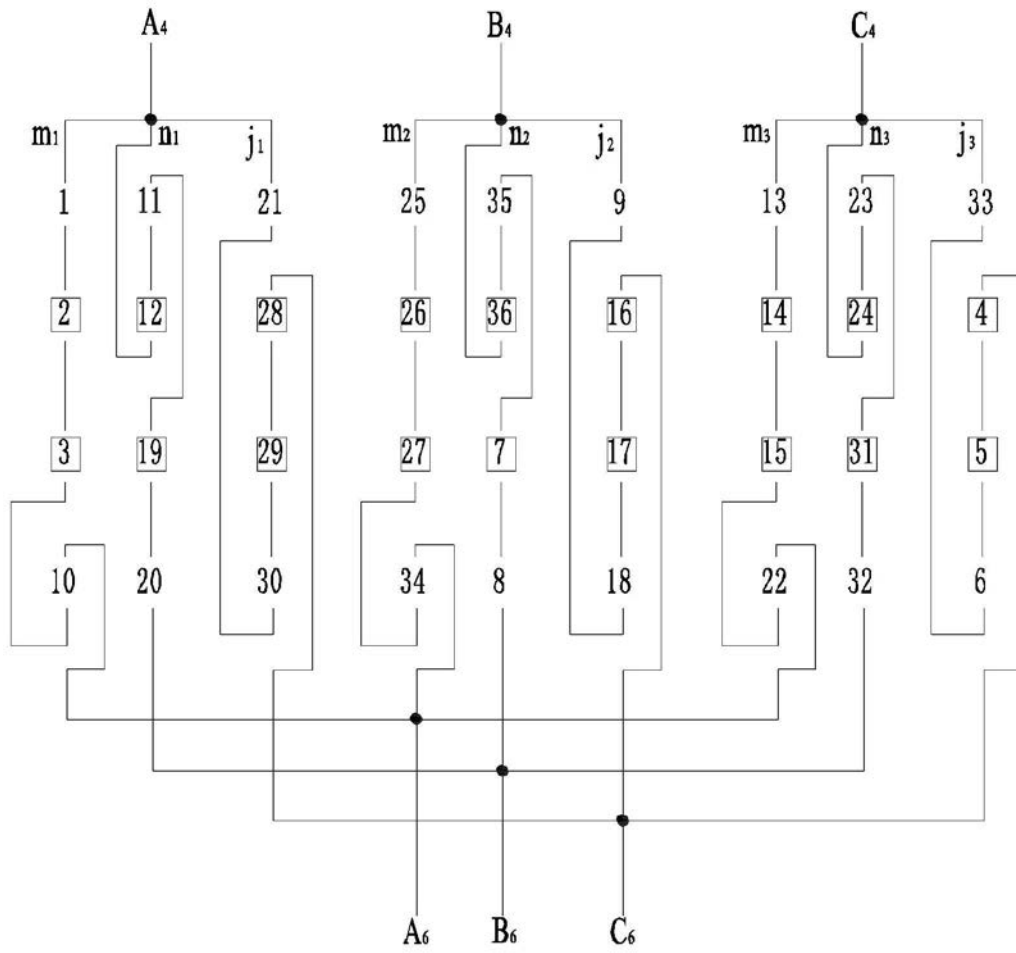


图3

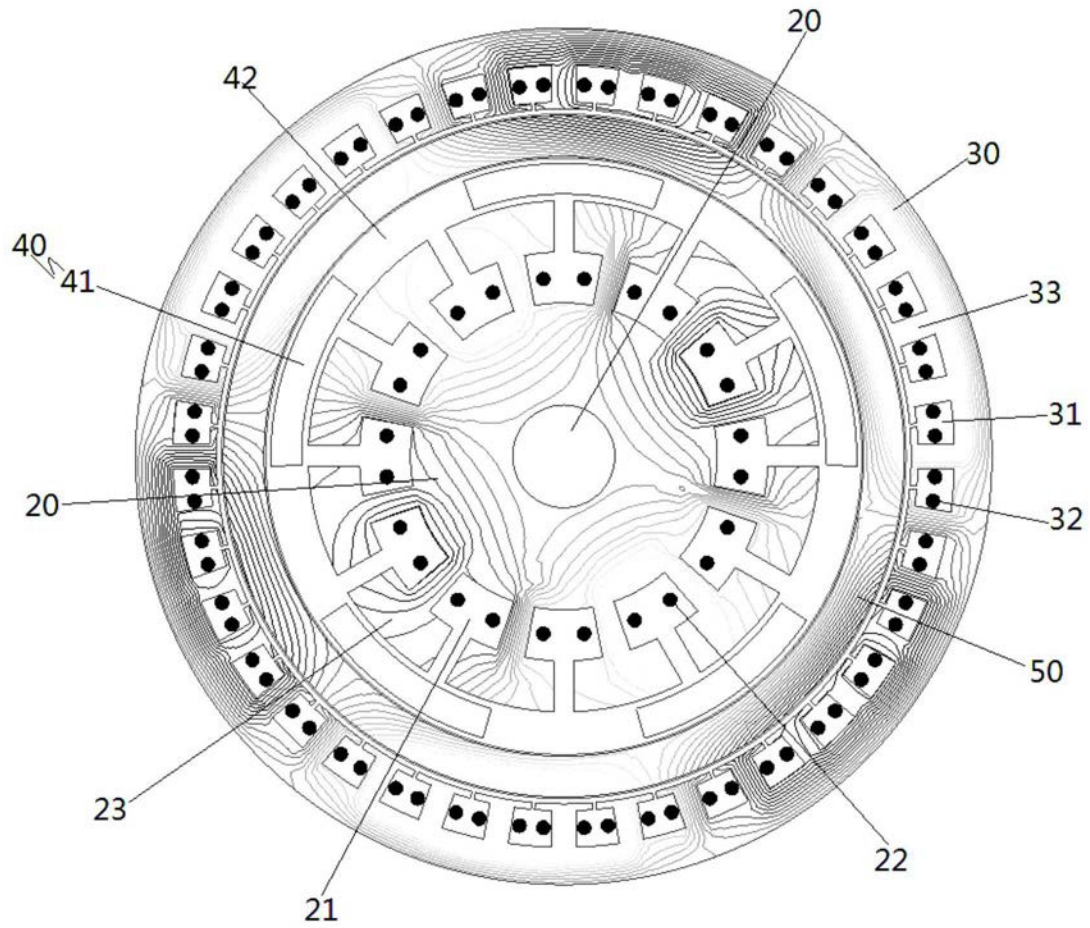


图4

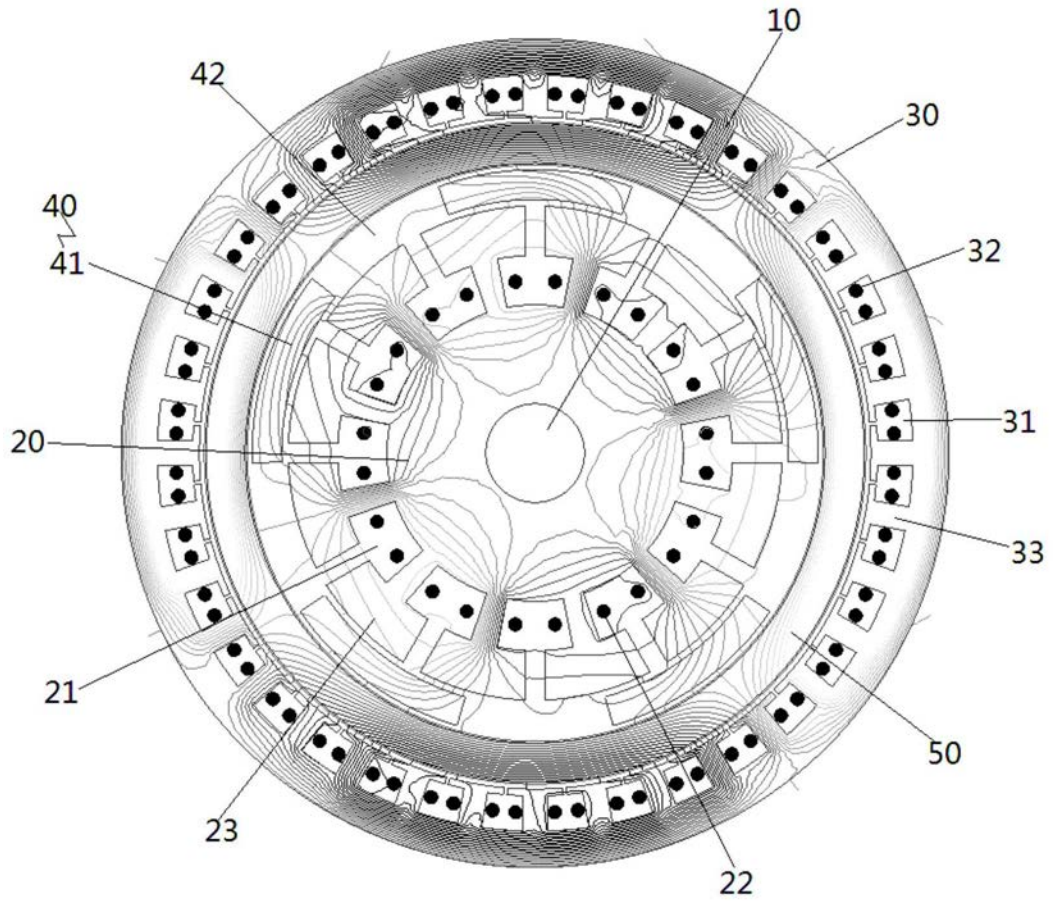


图5