



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106505765 B

(45)授权公告日 2018.10.16

(21)申请号 201611056948.4

H02K 1/12(2006.01)

(22)申请日 2016.11.26

H02K 16/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H02K 3/28(2006.01)

申请公布号 CN 106505765 A

审查员 周清霞

(43)申请公布日 2017.03.15

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 叶才勇 梁欣 徐伟

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 梁鹏

(51)Int.Cl.

H02K 1/27(2006.01)

H02K 1/24(2006.01)

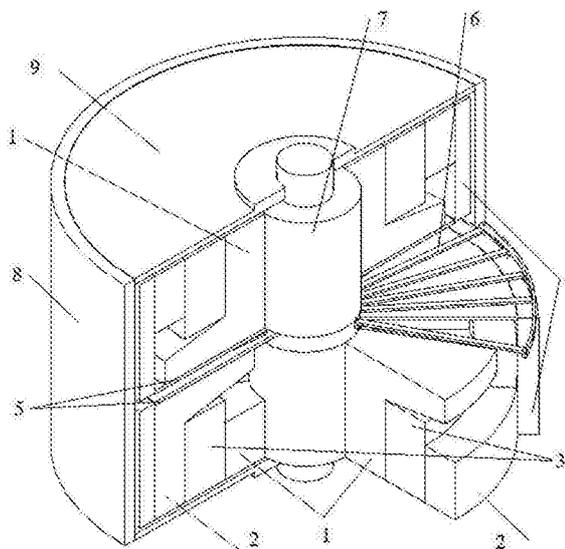
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机

## (57)摘要

本发明属于脉冲发电机领域,并公开了一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机。该半空心脉冲发电机包括转子、定子、转轴,机壳和端盖,转子包含内、外磁极、永磁体和补偿盘,永磁体设置在转子的内外磁极之间,内外磁极与永磁体配合将径向磁通转化为轴向磁通,补偿盘覆盖在内外磁极的顶端,转子随转轴一同转动,定子是在绕组上浇筑非导磁材料而成,且固定在机壳上,转子采用的导磁材料与定子的非导磁材料构成半空心结构。通过本发明,使得电机励磁系统得以简化,减小励磁损耗,提高电机效率,同时无刷结构增大了电机的可靠性。



1. 一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 该半空心脉冲发电机包括转子、定子 (6)、转轴 (7)、机壳 (8) 和端盖 (9), 其特征在于:

所述机壳 (8) 和所述端盖 (9) 是所述半空心脉冲发电机的外壳, 将所述转子、定子、转轴包覆在其中;

所述转子包括由外磁极 (2), 内磁极 (1)、永磁体 (3) 和补偿盘 (5), 所述内磁极 (1) 套装在所述转轴上, 所述外磁极与所述内磁极交错配合, 所述永磁体 (3) 产生径向磁通, 且设置在所述外磁极和所述内磁极之间, 该永磁体 (3) 与所述内磁极 (1) 和外磁极 (2) 配合将所述径向磁通转化为轴向磁通, 所述补偿盘 (5) 覆盖在所述外磁极与内磁极的顶端, 所述转子随所述转轴 (7) 一同转动;

所述定子 (6) 呈圆盘状, 绕组沿该圆盘的径向分布, 在所述绕组上浇筑非导磁材料形成所述定子, 其中, 所述绕组由多相构成, 且每相之间相差90电角度, 两个所述转子的顶端相对设置, 使得顶端的两个所述补偿盘 (5) 位置相对形成气隙空间, 所述定子设置在该气隙空间中, 并固定在所述机壳 (8) 上;

此外, 所述转子采用导磁材料, 与所述定子的非导磁材料构成所述半空心脉冲发电机的半空心结构。

2. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述外磁极 (2) 包括空心圆柱状的外磁极底座 (22) 和多个与该外磁极底座相连的第一爪极 (21), 该第一爪极平行于所述外磁极底座, 且指向该外磁极底座的中心轴;

所述内磁极 (1) 包括内磁极底座 (12) 和多个与该内磁极底座相连的第二爪极 (11), 所述内磁极底座 (12) 套装在所述外磁极底座 (22) 中, 该第二爪极平行且向外凸出于所述内磁极底座 (12), 所述第二爪极与所述第一爪极个数相同, 且交错配合。

3. 如权利要求1或2所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述定子采用的非导磁材料采用环氧树脂, 所述绕组的采用4相, 所述绕组的极对数、相数和槽数之间的关系采用下列表达式, 其中,  $m$  为所述绕组的相数,  $Z$  为所述绕组的总槽数,  $p$  为所述绕组的极对数,  $q$  为所述绕组的每极每相的槽数,

$$q = \frac{Z}{2pm} \quad \circ$$

4. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述补偿盘 (5) 采用良导体材料, 该补偿盘的面积覆盖所述定子, 该补偿铝盘的厚度按照下列表达式进行计算, 其中,  $\delta$  为所述补偿盘厚度、 $\omega$  为所述半空心脉冲发电机单相放电电流电角速度、 $\mu$  为所述补偿盘磁导率、 $\sigma$  为所述补偿盘电导率,

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad \circ$$

5. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述转子的最外层包覆有飞轮套筒 (4), 该飞轮套筒随转子一起转动, 且采用抗拉材料制成。

6. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述永磁体 (3) 采用多块径向或平行充磁的瓦片形永磁体中的一种或者组合拼接而成。

7. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机, 其特征在于, 所述半空

心脉冲发电机的极对数为 $k$ 对极, $k$ 为任一正整数。

8. 如权利要求1所述的一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机,其特征在于,所述的半空心脉冲发电机为模块化的发电机,可多个模块同轴共联。

## 一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于脉冲发电机领域,更具体地,涉及一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机。

### 背景技术

[0002] 脉冲发电机作为一种集惯性储能、机电能量转换、脉冲成型于一体的脉冲电源,自问世其就引起了人们的关注,广泛应用在科研、工业及军事领域。其经历了由实心转子到空心转子、由无补偿到有补偿的发展过程。

[0003] 当脉冲发电机的定转子都采用空心结构,即无铁磁材料,虽然放电时可以得到较低的瞬态电感和较高的气隙磁密,但是其同时也使得励磁系统变得复杂,带来更大的励磁损耗,为转子励磁绕组通电的电刷也会降低可靠性限制电机转速;在已有的永磁脉冲发电机中,往往采用转子表贴永磁径向磁通的拓扑结构,为了在提高电机转速的同时使永磁体不易损坏,需要在永磁体外绑扎碳纤维或加装金属套筒,这样套筒或碳纤维绑扎会占用一部分气隙,使得气隙磁密降低,永磁体被浪费。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机,通过永磁体的轴向磁通和半空心结构,由此解决励磁损耗大和电机转速低的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机,该半空心脉冲发电机包括转子、定子、转轴、机壳和端盖,其特征在于:

[0006] 所述机壳和所述端盖是所述半空心脉冲发电机的外壳,将所述转子、定子、转轴包覆在其中;

[0007] 所述转子包括由外磁极,内磁极、永磁体和补偿盘,所述内磁极套装在所述转轴上,所述外磁极与所述内磁极交错配合,所述永磁体产生径向磁通,且设置在所述外磁极和所述内磁极之间,该永磁体与所述内磁极和外磁极配合将所述径向磁通转化为轴向磁通,所述补偿盘覆盖在所述外磁极与内磁极的顶端,所述转子随所述转轴一同转动;

[0008] 所述定子呈圆盘状,绕组沿该圆盘的径向分布,在所述绕组上浇筑非导磁材料形成所述定子,其中,所述绕组由多相构成,且每相之间相差90电角度,两个所述转子的顶端相对设置,使得顶端的两个所述补偿盘位置相对形成气隙空间,所述定子设置在该气隙空间中,并固定在所述机壳上;

[0009] 此外,所述转子采用导磁材料,与所述定子的非导磁材料构成所述半空心脉冲发电机的半空心结构。

[0010] 优选地,所述外磁极包括空心圆柱状的外磁极底座和多个与该外磁极底座相连的第一爪极,该第一爪极平行于所述外磁极底座,且指向该外磁极底座的中心轴;

[0011] 所述内磁极包括内磁极底座和多个与该内磁极底座相连的第二爪极,所述内磁极

底座套装在所述外磁极底座中,该第二爪极平行且向外凸出于所述内磁极底座,所述第二爪极与所述第一爪极个数相同,且交错配合。

[0012] 优选地,所述定子采用的非导磁材料优选采用环氧树脂,所述绕组的优选采用4相,所述绕组的极对数、相数和槽数之间的关系优选采用下列表达式,其中,m为所述绕组的相数,Z为所述绕组的总槽数,p为所述绕组的极对数,q为所述绕组的每极每相的槽数,q优选为2,

$$[0013] \quad q = \frac{Z}{2pm} \quad \circ$$

[0014] 优选地,所述补偿盘采用良导体材料,例如铝,该补偿盘的面积覆盖所述定子,该补偿铝盘的厚度按照下列表达式进行计算,其中, $\delta$ 为所述补偿盘厚度、 $\omega$ 为所述半空心脉冲发电机单相放电电流电角速度、 $\mu$ 为所述补偿盘磁导率、 $\sigma$ 为所述补偿盘电导率,

$$[0015] \quad \delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad \circ$$

[0016] 优选地,所述转子的最外层包覆有飞轮套筒,该飞轮套筒随转子一起转动,且采用抗拉材料制成,例如碳纤维复合材料。

[0017] 优选地,所述永磁体优选采用多块径向或平行充磁的瓦片形永磁体中的一种或者组合拼接而成。

[0018] 优选地,所述半空心脉冲发电机的极对数为k对极,k为任一正整数,优选为2。

[0019] 优选地,所述的半空心脉冲发电机为模块化的发电机,可多个模块同轴共联。

[0020] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0021] 1、本发明通过采用永磁体励磁和定子与转子构成的半空心结构,永磁体和导磁材料的转子保证了磁路走向,使得电机无需额外的励磁系统,结构控制简单,减小励磁损耗,提高电机效率,定子采用环氧树脂浇筑而成,在放电时补偿盘将磁通限制在定子内,使得瞬态放电电感很小,且无刷结构的采用,增大了电机的可靠性;

[0022] 2、本发明通过采用爪极形式的转子磁极,将永磁体径向磁通转换为气隙的轴向磁通,使得永磁体得以安放在钢材料的转子内外磁极之间,工作环境安全,不易损坏,可以达到较高转速;

[0023] 3、本发明通过采用双转子单定子的轴向磁通结构,在转子内外磁极外侧加装碳纤维飞轮套筒,使得机械保护结构不占用气隙空间,可以得到较大的绑扎厚度,同时也减小了气隙,增大了气隙磁密,此外,在相同的转速下,转子储存的能量越大,电机的储能越大;

[0024] 4、本发明通过采用补偿盘,该补偿盘完全覆盖定子,磁通压缩效应使得绕组在放电时瞬态电感减小,同时浇筑成型的定子使得绕组无槽,补偿盘与绕组间距小,耦合紧密,增大了放电电流;

[0025] 5、本发明通过采用轴向磁通的电机结构,使得转子盘长径比小,同样转速下储存能量更大,与径向磁通结构电机相比更适合飞轮储能;

[0026] 6、本发明的定子中的绕组采用两相轴线相差90电角度,使得不同相之间相互解耦,电机放电时互不影响,使得多相合成放电电流平稳。

## 附图说明

[0027] 图1是按照本发明的优选实施例所构建的半空心脉冲发电机的整体结构示意图；

[0028] 图2是按照本发明的优选实施例所构建的内磁极结构示意图；

[0029] 图3为是按照本发明的优选实施例所构建的外磁极结构示意图；

[0030] 图4是按照本发明的优选实施例所构建的定子中绕组展开图；

[0031] 图5是按照本发明的优选实施例所构建的单个转子盘和转轴结构示意图。

[0032] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0033] 1-内磁极11-第二爪极12-内磁极底座2-外磁极21-第一爪极22-外磁极底座3-永磁体4-飞轮套筒5-补偿盘6-定子7-转轴8-机壳9-端盖

## 具体实施方式

[0034] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0035] 图1是按照本发明的优选实施例所构建的半空心脉冲发电机的整体结构示意图,如图1所示,一种永磁轴向磁通的半空心脉冲发电机,其整体采用双转子单定子的轴向磁通结构,永磁体在转子上,永磁体整体为径向充磁,安放在转子内磁极和转子外磁极之间,转子内外磁极为爪极形状,采用钢整体加工而成,爪极与环状磁轭相连接并与之垂直,将永磁体的轴向磁通转换为径向磁通,穿过定子与另一侧转子闭合形成磁路。

[0036] 图2是按照本发明的优选实施例所构建的内磁极结构示意图,图3为是按照本发明的优选实施例所构建的外磁极结构示意图,如图2和图3所示,内磁极1和外磁极2呈爪极形状,第一、第二爪极21、11分别与内外磁极底座12、22相连,永磁体3设置在内外磁极底座12、22中间,通过第一、第二爪极21、11和内外磁极底座21、22的结构限制了磁路走向,第一、第二爪极21、11和内外磁极底座21、22垂直使得永磁体3的轴向磁通转变为径向磁通。内磁极1和外磁极2的爪极依次交错排列,形成气隙磁场的N、S极。同时另一侧的转子盘相对该侧转子盘转过一个极距,使得同极性爪极相对,构成磁回路。

[0037] 图4是按照本发明的优选实施例所构建的定子中绕组展开图,如图4所示,图中绕组为叠绕组形式,4相2对极,每极每相槽数2,每根导体由较粗的铜线绕制而成,每相互差90电角度。绕制成型的绕组再采用环氧树脂整体浇筑成定子盘,连接在机壳8上。环氧树脂的磁导率与空气接近,放电时磁通被补偿盘5压缩在定子内,浇筑成型的定子降低了绕组的内电感,使得放电能力更强。同时绕组互差90电角度的安放解除了不同相间的耦合作用,彼此放电电流不受到影响。

[0038] 图5是按照本发明的优选实施例所构建的单个转子盘和转轴结构示意图,如图5所述,转轴7由不导磁材料制成,依次连接转子内磁极1、永磁体3、转子外磁极2、飞轮套筒4。永磁体3被很好地保护在转子内磁极1和转子外磁极2之间,外缘的飞轮套筒4更进一步地加强了转子的机械强度,使得电机转速很高,达到大储能密度的目的。补偿盘5嵌放在飞轮套筒4与转轴7之间,工作时随转子共同旋转。电机在脉冲放电过程中是基于磁通压缩原理来进行

的,放电瞬间绕组会产生一个大电流,电流在补偿铝盘5上感应出涡流,涡流产生的磁场将磁通压缩在两侧铝盘之间,即在定子上,而定子为空心结构,这时绕组的内电感很小可以放出很大的电流。

[0039] 仿真分析及样机实验证明,本发明所述的永磁轴向磁通半空心脉冲发电机,可以做到高转速、高可靠性、控制简单、放电电流大、损耗小等诸多优势。在高速脉冲发电机领域有良好的前景。

[0040] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

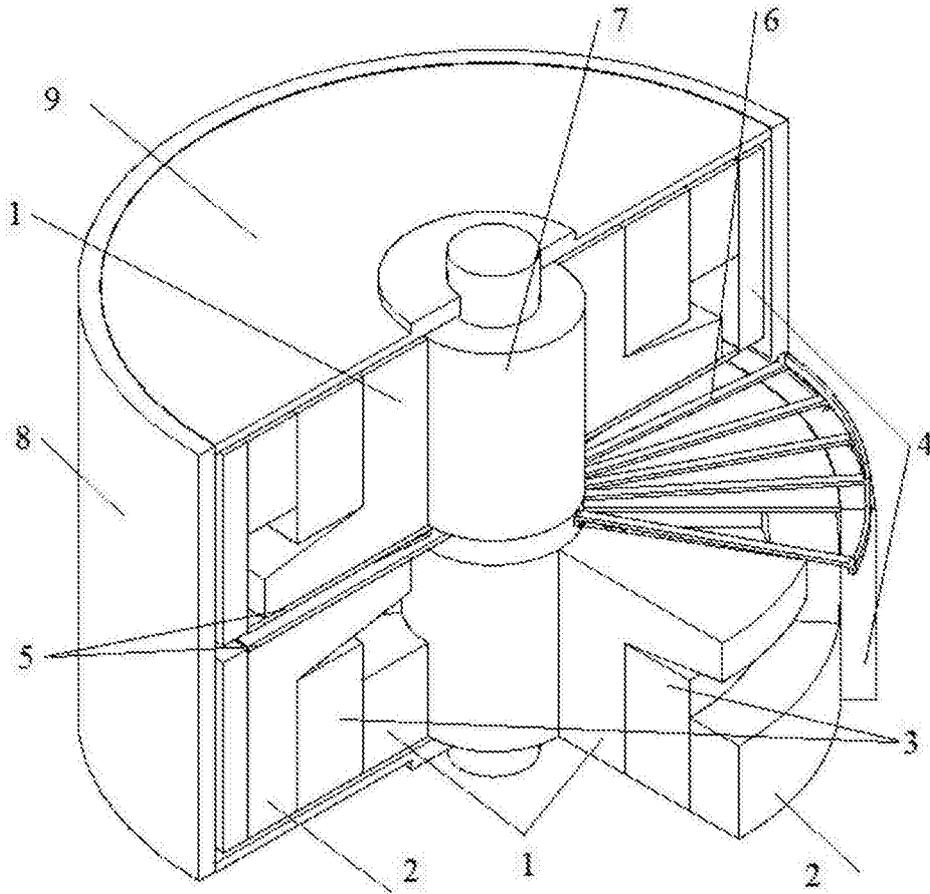


图1

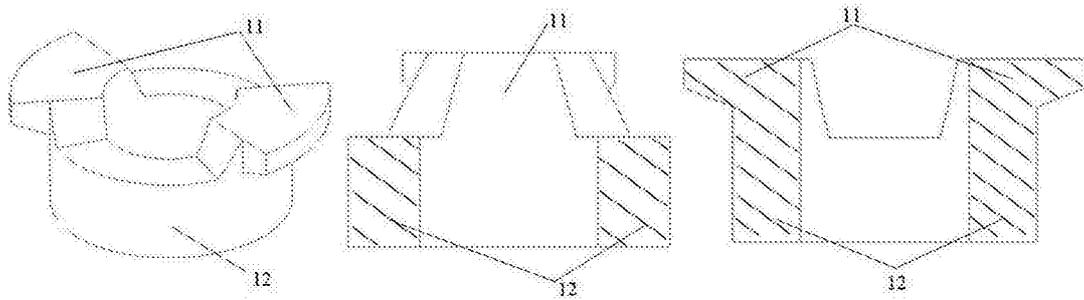


图2

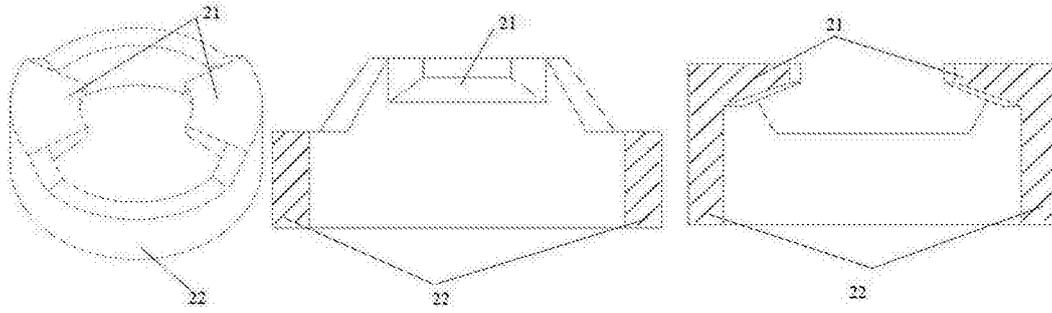


图3

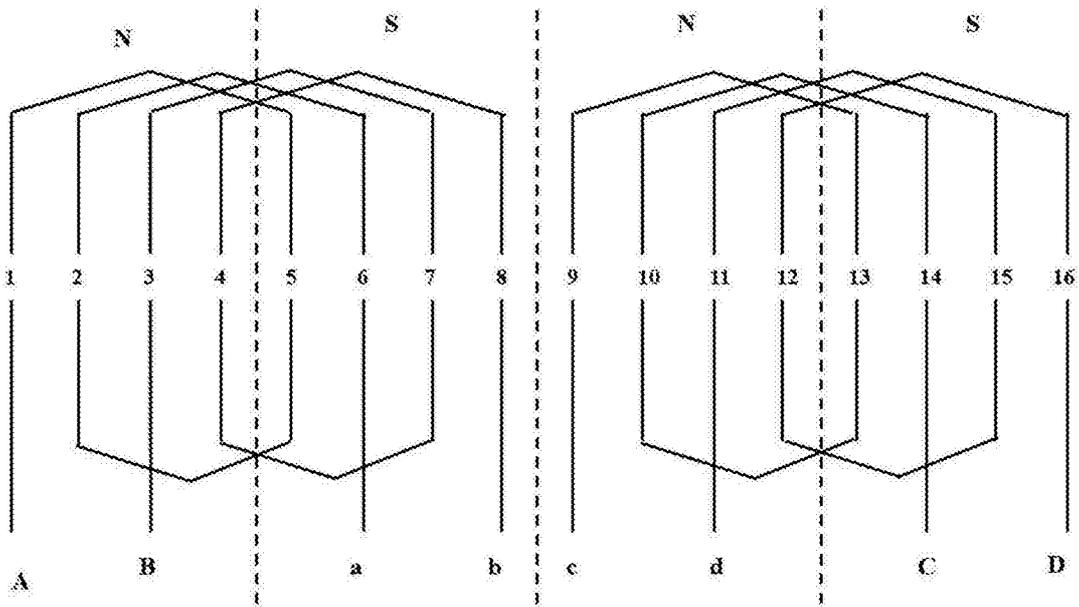


图4

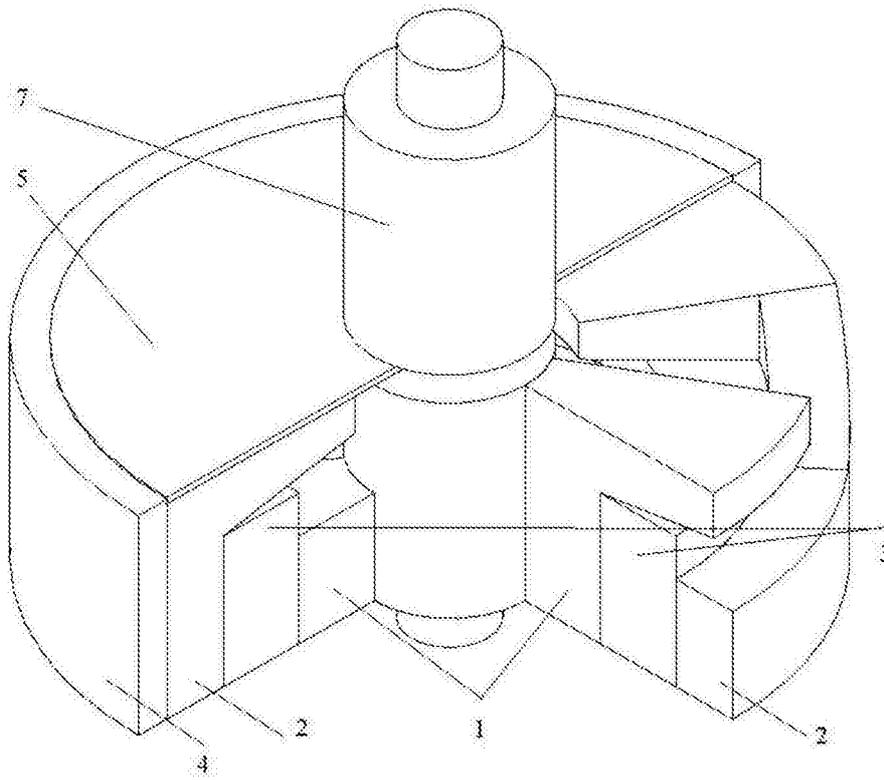


图5