



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104500267 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201410823850. 1

CN 1681543 A, 2005. 10. 12,

(22) 申请日 2014. 12. 26

CN 101014765 A, 2007. 08. 08,

(73) 专利权人 南京凌日星能源科技有限公司

US 3863867 A, 1975. 02. 04,

地址 210046 江苏省南京市栖霞区尧化街道
甘家边东 108 号

US 2002122717 A1, 2002. 09. 05,

审查员 胡洋洋

(72) 发明人 康剑雄 孙福超 谢征 向鑫
张建飞

(74) 专利代理机构 南京君陶专利商标代理有限
公司 32215

代理人 沈根水

(51) Int. Cl.

F02K 1/12(2006. 01)

F01D 17/14(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102061948 A, 2011. 05. 18,

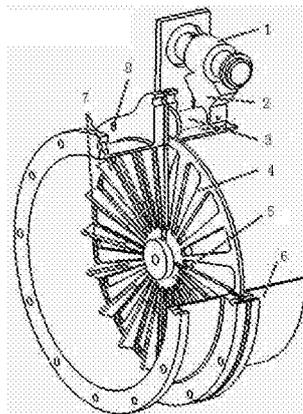
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置

(57) 摘要

本发明是用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置, 安装于涡轮发电系统的排气出口位置, 结构包括: 排气装置外机匣、装有导流板的扇形静子、扇形转子、传动结构、驱动电机和扇形转子前、后压板等。装有导流板的扇形静子件固定在外机匣上, 而扇形转子件紧贴在静子件后方, 通过压板与其组装在一起, 并可在驱动电机的驱动下自由转动, 其中驱动电机与扇形转子之间利用传动结构连接。扇形节流装置通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积, 进而对涡轮发电系统的功率进行调节。优点: 结构简单、部件少、质量轻便和体积小, 缩短了排气装置的轴向长度; 具有自锁功能, 工作可靠; 动态响应快, 调节快速精确; 调节系统的气动损失小。



1. 用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其安装于涡轮发电系统的排气出口位置,其特征是包括:排气装置外机匣、装有导流板的扇形静子、扇形转子、齿轮传动结构、驱动电机、角位置传感器和扇形转子前、后压板;其中装有导流板的扇形静子固定在排气装置外机匣上,而扇形转子紧贴在扇形静子后方,通过扇形转子前、后压板与扇形静子组装在一起,并可在驱动电机的驱动下自由转动,驱动电机与扇形转子之间利用齿轮传动结构连接,角位置传感器设置在扇形静子的安装边上,扇形节流装置通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而对涡轮发电系统的落压比进行调节,也就实现了对其功率进行调节。

2. 根据权利要求1所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述的带导流板的扇形静子和扇形转子组合形成缩减通流面积的节流构件;扇形转子紧贴在扇形静子后方,通过扇形转子前、后压板与其组装在一起,在驱动电机的驱动下自由转动,系统工作时,通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而对涡轮发电系统的功率进行调节,当节流装置全开时,扇形转子与扇形静子完全重合,此时节流装置未被遮挡的面积与涡轮第二级转子出口的环形面积相等,涡轮处于设计点工作状态,整个发电系统产生最大电功率,当节流装置全关时,扇形转子全部从扇形静子后转出,堵塞部分通道,从而产生节流效果;即使节流装置全关,依然保留部分通道流通,此时涡轮机处于最低工作状态,产生最低电功率。

3. 根据权利要求1所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述驱动电机与扇形转子之间利用传动机构连接,所述传动机构可采用齿轮减速、蜗轮蜗杆减速,能设置较高的减速比,以便提高调节精度、减小驱动电机的驱动力矩。

4. 根据权利要求1所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述排气装置外机匣与扇形静子的安装边上设置一个通激光的孔,在扇形转子上也布置一个同样的孔,扇形转子上的孔外设置一激光发射头和光电感应头;并配合采用步进电机通过传动机构驱动扇形转子,可方便地采用开环控制方式驱动步进电机,并在每轮到扇形转子运行到初始位置时,由控制系统通过观察激光能否穿过激光孔来判断扇形转子是否在初始位置,从而对控制系统进行回零操作,消除步进电机偶发的失步影响,提高开环控制的精度。

5. 根据权利要求1所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述排气装置外机匣与扇形静子的安装边上设置一组角位置传感器,并配合采用伺服电机通过传动机构驱动扇形转子,这样可采用闭环控制方式驱动步进电机,在控制系统能配合使用闭环方式控制节流装置时,此种设计能精确控制节流系统的节流程度和调控速度。

6. 根据权利要求2所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述扇形转子上具有若干个叶片数,在设计过程中,根据排气装置中气体流动的均匀性要求、提高控制系统的动态响应要求和对功率调节的精度需要之间的协调来设计叶片数;根据输出功率的极限值来设定最大最小面积,并根据公式:

$$A_{\max} = (1 - \frac{n \times \alpha}{360}) \times \pi \times (R^2 - r^2), A_{\min} = (1 - \frac{n \times 2\alpha}{360}) \times \pi \times (R^2 - r^2)$$

推导出每个叶片的周向角度;其中 A_{\max} 为节流装置最大面积, A_{\min} 为节流装置最小面积, n 为叶片数, α 为每个叶片的周向角度, R 为节流装置的内壁外径, r 为扇形转子前、后压板半径。

7. 根据权利要求 2 所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述扇形静子上带有导流板,该导流板面向来流方向,与扇形静子紧密连接在一起,其与扇形静子间的连接可考虑采用焊接方式,该导流板单侧型面与来流方向,即通流管轴向的夹角为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,其相对于直板结构,减小流动机械能损失,改善了节流装置的气动性能,提高了排气装置的总压恢复系数。

8. 根据权利要求 3 所述的用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其特征是所述传动机构靠驱动电机端的蜗轮蜗杆传动中采用有角度的扇形蜗轮;可在扇形转子端处的齿轮直径小的情况下向上提高扇形蜗轮的尺寸,达到提高齿轮传动减速比的目的,而扇形蜗轮的角度由此处空间大小和减速比需要提高的程度来决定。

用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置

技术领域

[0001] 本发明涉及的是可以调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置。其技术属于节流装置领域,可用于对重量、尺寸比较敏感的航空航天领域微型动力或发电系统的功率调节。相较于其他形式的节流装置(堵锥、节流阀等),该装置结构简单,能够极大程度地缩短排气装置的轴向长度,减轻系统的重量;导流板的设计使排气处气动性能相对较好;并且调节快速、精确,工作可靠。

背景技术

[0002] 在航空航天领域,动力装置或发电系统在工作过程中不可能自始至终保持一个不变的输出功率,要根据推力需求或者负载对动力装置的做功能力进行调节,例如飞机在不同的飞行状态下需要航空发动机能够提供不同的推力以满足飞机对效率、飞行速度或是机动性的要求;微型燃气轮机发电系统要根据负载用电量的不同而不断地改变输出功率。随着航空技术的不断进步和性能的不断提高,对输出功率的精确度的要求也变得越来越严格,因此对航空动力装置设计一种合适的功率调节方式就变得十分必要。

[0003] 现今航空动力装置的功率调节方式主要有以下几种方式:通过改变涡轮前温度实现、通过改变转速实现、通过尾喷管的节流装置来实现等。其中节流装置是通过对尾喷管流动通道面积的调整来改变气流在涡轮工作的膨胀比,从而改变系统各部件的共同工作点,确保动力装置在不同条件下能够稳定的提供额定功率。目前常见的节流装置有可收缩喷管、堵锥、节流阀等,虽然它们都可以起到调节功率的作用,但却存在一定的不足:对于可收缩喷管,结构相当复杂,为了实现对出口面积的精确的调节,需要一套非常繁杂的传动机构,在一些较微型的动力装置上难以实现;对于堵锥这种节流方式来说,其工作过程中要在轴向进行大范围移动,因此增加了装置的轴向长度,而且由于堵锥的轴向运动,导致其受到排气装置中比较大的轴向力,另外它的结构非常复杂,力矩传递距离远,造成堵锥体积大、质量重,这对于对重量和体积要求非常严格的航空领域来说不太相称;而节流阀,在结构上相对简单,但是重量比较大,而且流过节流阀的气体总压快速下降、流动损失大,导致系统效率非常低。

发明内容

[0004] 本发明提出的是一种用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其目的是为涡轮发电系统或是其他动力装置提供质量轻便、结构简单、体积小巧的功率调节机构,通过本扇形节流装置使系统在工作过程中能够根据负载的需要,可在较大范围内快速、精确的调节输出功率,且工作可靠、易于实现。

[0005] 本发明的技术方案:用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其安装于涡轮发电系统的排气出口位置,其特征是包括:排气装置外机匣、装有导流板的扇形静子、扇形转子、齿轮传动结构、驱动电机、角位置传感器和扇形转子前、后压板;其中装有导流板的扇形静子固定在排气装置外机匣上,而扇形转子紧贴在扇形静子后方,通过扇形转子前、

后压板与扇形静子组装在一起,并可在驱动电机的驱动下自由转动,驱动电机与扇形转子之间利用齿轮传动结构连接,角位置传感器设置在扇形静子的安装边上,扇形节流装置通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而对涡轮发电系统的落压比进行调节,也就实现了对其功率进行调节。

[0006] 在工作过程中,其通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而调节涡轮发电系统的功率。当节流装置全开时,扇形转子与静子叶片完全重合,此时节流装置未被遮挡的面积与涡轮末级转子出口的环形面积相等,涡轮处于设计点工作状态,整个发电系统产生最大电功率。当节流装置全关时,扇形转子全部从静子片后转出,堵塞部分通道,从而产生节流效果。即使节流装置全关,依然保留部分通道流通,此时涡轮机处于最低工作状态,产生最低电功率。

[0007] 本发明的优点:本发明具有结构简单、部件少、质量轻便和体积小的特点;扇形转静子之间只有周向相对运动,没有轴向运动,大大缩短了排气装置的轴向长度;驱动电机与扇形转子之间通过涡轮蜗杆连接,具有自锁功能,且电机转动时只需要克服转静子之间的摩擦力,阻力小、工作可靠;采用步进电机作为调节动力,涡轮蜗杆的减速比高,且扇形转子上的叶片数较多,动态响应快,调节快速、精确;可通过设计扇形转子上的叶片数来对节流装置周向气动均匀特性进行调节;扇形静子上带有导流板,有利于提高系统的气动性能;控制系统可以采用开环控制和闭环控制双控制技术,是系统工作更加可靠。

附图说明

[0008] 附图 1 涡轮发电系统扇形节流装置示意图。

[0009] 附图 2a 是节流装置最大面积示意图(扇形节流装置转静子)。

[0010] 附图 2b 是节流装置最小面积示意图(扇形节流装置转静子)。

[0011] 附图 3 扇形节流装置传动结构示意图。

[0012] 图中 1 表示蜗杆,2 表示扇形涡轮,3 表示齿轮轴,4 表示扇形转子,5 表示扇形静子,6 表示排气装置外机匣,7 表示导流板,8 表示激光孔或角位置传感器,9 表示扇形转子前后压板。

具体实施方式

[0013] 用于调节涡轮发电系统功率的扇形节流装置,其安装于涡轮发电系统的排气出口位置,其结构包括:排气装置外机匣 6、装有导流板的扇形静子 5、扇形转子 4、齿轮传动结构、驱动电机、角位置传感器 8 和扇形转子前、后压板 9;其中装有导流板的扇形静子固定在排气装置外机匣上,而扇形转子紧贴在静子件后方,通过扇形转子前、后压板 9 与其组装在一起,并可以在电机的驱动下自由转动,驱动电机与扇形转子之间利用齿轮传动结构连接,角位置传感器设置在扇形静子的安装边上,扇形节流装置通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而对涡轮发电系统的落压比进行调节,也就实现了对其功率进行调节。

[0014] 由一组带导流板 7 的扇形静子 5 和扇形转子 4 组合形成缩减通流面积的节流构件;扇形转子 4 紧贴在静子后方,控制系统通过电机驱动扇形转子转动,改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,从而改变系统出口的流量或压力,对涡轮

发电系统的功率进行调节,通过扇形转子前后压板 9 与其组装在一起,在电机的驱动下自由转动,节流装置的主要部件只有扇形转静子、传动结构和驱动电机,结构简单,极大程度减少系统重量;并且这种节流方案中,实现节流的运动构件承受的气动载荷沿轴向朝后,而驱动其运动是沿周方向,不仅使驱动部分的载荷降低,显著减小驱动部分的体积、重量和功率,还可以极大地缩短节流装置的轴向位置,减小整个系统的体积,系统工作时,通过改变扇形转子与扇形静子的相对位置来控制排气装置的出口面积,进而对涡轮发电系统的功率进行调节,当节流装置全开时,扇形转子与静子完全重合,此时节流装置未被遮挡的面积与涡轮第二级转子出口的环形面积相等,涡轮处于设计点工作状态,整个发电系统产生最大电功率,当节流装置全关时,扇形转子全部从静子后转出,堵塞部分通道,从而产生节流效果。即使节流装置全关,依然保留部分通道流通,此时涡轮机处于最低工作状态,产生最低电功率。

[0015] 所述控制系统,其组成部件有 DSP、存储器、通信接口、信号接口、电机驱动和电源,其中 DSP 为控制系统的核心,通过通信接口外接监控计算机,通过信号接口外接零位开关和变换器,通过电机驱动连接步进电机。在工作过程中,DSP 通过信号接口接收来自零位开关、角位置传感器和变换器传来的关于扇形转子位置、转速、电流和电压等信号并对其进行处理,然后根据程序要求通过电机驱动指令电机带动扇形转子转动,改变排气装置出口面积,保证转速维持在既定范围并调节输出功率至所需大小。

[0016] 所述驱动电机与扇形转子之间利用传动机构连接,可以采用齿轮减速、蜗轮蜗杆减速;这样的传动机构能设置较高的减速比,以便提高调节精度、减小驱动电机的驱动力矩,也就有利于缩小电机尺寸、重量;同时采用了蜗轮蜗杆传动设计使扇形节流装置具有自锁功能,增加了系统工作的可靠性;且这种连接方法有利于驱动电机在外机匣上选择合适的布置位置,使电机远离温度较高的机匣,工作更加安全可靠。

[0017] 在排气装置外机匣与扇形静子的安装边上设置一个通激光的孔 8,在扇形转子上也布置一个同样的孔,该孔外设置一激光发射头和光电感应头;并配合采用步进电机通过传动机构驱动扇形转子,这样可以方便地采用开环控制方式驱动步进电机,并在每轮到扇形转子运行到初始位置时,由控制系统通过观察激光能否穿过激光孔来判断扇形转子是否在初始位置,从而对控制系统进行回零操作,消除步进电机偶发的失步影响,提高开环控制的精度。

[0018] 可以在排气机匣与扇形静子的安装边上设置一组角位置传感器 8,并配合采用伺服电机通过传动机构驱动扇形转子,这样可以采用闭环控制方式驱动步进电机,在控制系统能配合使用闭环方式控制节流装置时,此种设计能精确控制节流系统的节流程度和调控速度。

[0019] 所述扇形转子上具有较多的叶片数,在设计过程中,根据排气装置中气体流动的均匀性要求、提高控制系统的动态响应要求和对功率调节的精度需要之间的协调来设计叶片数;根据输出功率的极限值来设定最大最小面积,并根据公式:

$$A_{\max} = \left(1 - \frac{n \times \alpha}{360}\right) \times \pi \times (R^2 - r^2), A_{\min} = \left(1 - \frac{n \times 2\alpha}{360}\right) \times \pi \times (R^2 - r^2),$$

推导出每个叶片的周向角度;其中 A_{\max} 为节流装置最大面积, A_{\min} 为节流装置最小面积, n 为叶片数, α 为每个叶片的周向角度, R 为节流装置的内壁外径, r 为转子压板半径。

[0020] 所述扇形静子上带有导流板 7, 该导流板面向来流方向, 与扇形静子紧密连接在一起, 其与扇形静子间的连接可考虑采用焊接等方式, 该导流板单侧型面与来流方向, 即通流管轴向的夹角为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 其相对于直板结构, 能大幅度减小流动机械能损失, 改善了节流装置的气动性能, 提高了排气装置的总压恢复系数。

[0021] 所述传动机构靠驱动电机端的蜗轮蜗杆传动中采用的是一定角度的扇形蜗轮。这样的设计可以在扇形转子端处的齿轮 3 直径较小的情况下向上提高扇形蜗轮 2 的尺寸, 从而达到提高齿轮传动减速比的目的, 而扇形蜗轮的角度由此处空间大小和减速比需要提高的程度来决定。

[0022] 对照图 1、图 2 和图 3, 具体工作过程如下: 当整个用电系统的所有负载全部处于开机状态时, 涡轮发电系统输出功率最高, 此时系统处于设计状态, 节流装置处于最大面积(如图 2 中 a), 当用电系统中部分负载关闭时, 涡轮发电系统输出功率下降, 此时控制系统命令驱动电机工作, 驱动蜗杆旋转(如图 3 中蜗杆 1 和蜗杆 1 部件上标出的旋转方向), 并带动扇形蜗轮 2、齿轮轴 3 和扇形转子 4 旋转(如图 3 中扇形蜗轮 2、齿轮轴 3、扇形转子 4 及其上标出的旋转方向), 调节节流装置出口面积, 随着功率需求不断下降至最小功率, 节流装置出口面积也调至最小(如图 2 中扇形蜗轮 2)。当功率需求增加时, 调节装置将按与前述过程相反的方向工作。为了保证控制系统工作的可靠性。

[0023] 通过蜗轮蜗杆连接驱动电机与扇形转子 4, 因此为了提高调节精度可以设置较高的减速比; 同时蜗轮蜗杆传动具有自锁功能, 出口处内外压差产生的压力不会传递到驱动电机处, 从而可以增加系统工作的可靠性; 这种连接方法还可以使电机与尾喷管拉开距离, 在外机匣上选择合适的位置, 远离温度较高的机匣, 使电机工作更加安全可靠。

[0024] 是扇形转子 4 上的叶片数较多, 在设计过程中, 根据排气装置中一方面要保持气体流动的均匀性, 提高控制系统的动态响应要求, 另一方面还要保证功率调节的精度, 因此要协调两方面的矛盾来设计叶片数; 根据输出功率的极限值来设定最大最小面积, 并推导出每个叶片的周向角度。

实施例

[0025] 针对某现有的涡轮发电系统(出口直径为 120mm), 采用本发明提出的方案作为该系统的功率调节机构。在该方案中, 扇形转子 4 上的叶片数为 18, 每个叶片的角度 α 为 7.4° , 采用功率为 4.2W 的型号是 28STH51-0956A 的步进电机作为扇形转子叶片的驱动动力, 其步距角为 0.9° , 控制系统的控制频率为 1000Hz, 系统传动结构总的减速比达到 360, 从最大的出口面积(最大功率)调节到最小的出口面积(最小功率)最快只需要 3s, 调节快速。整个节流装置(包括步进电机)的重量只有 1.4kg, 轴向长度只有 81mm, 体积和重量远小于堵锥和节流阀, 而效率却要优于节流阀。

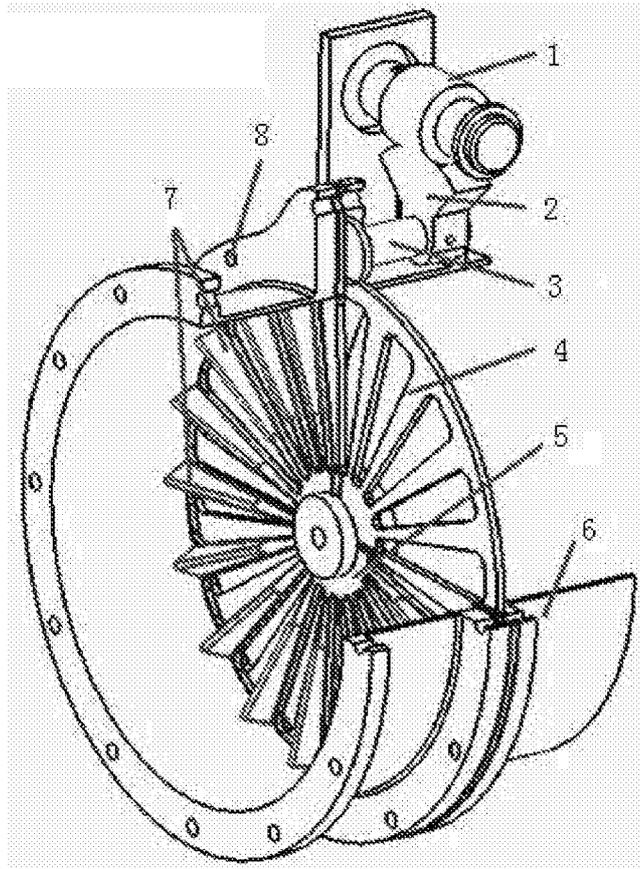


图 1

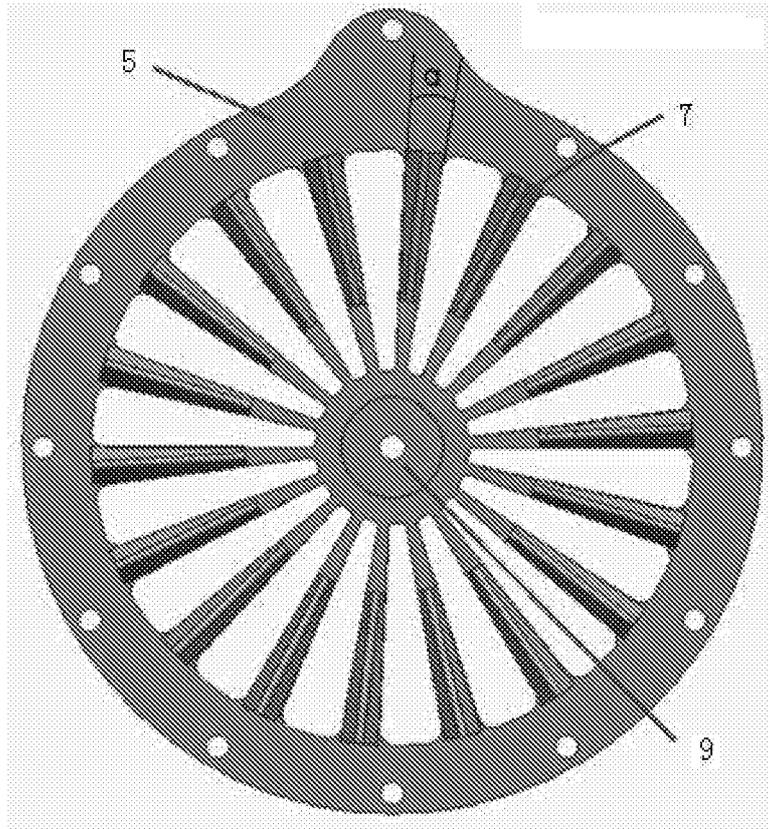


图 2a

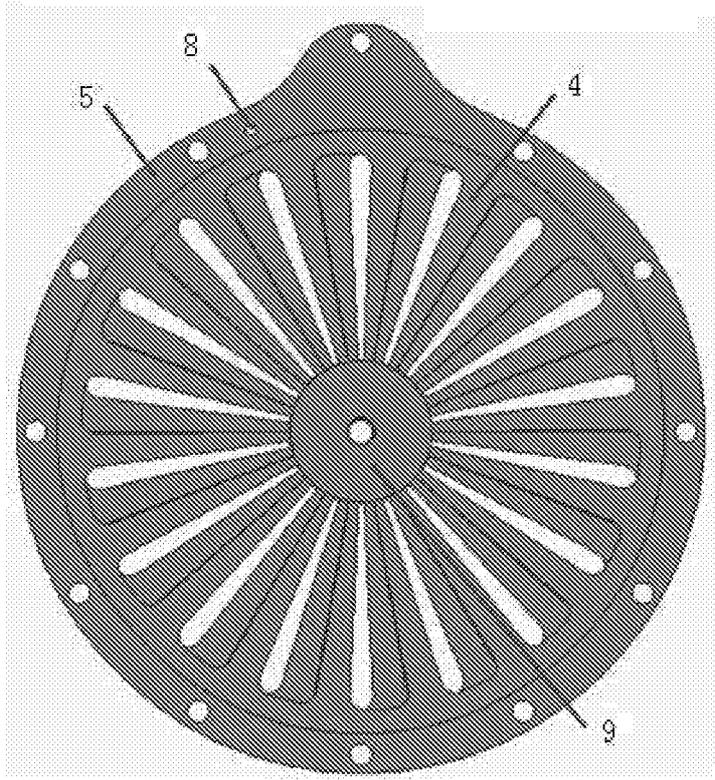


图 2b

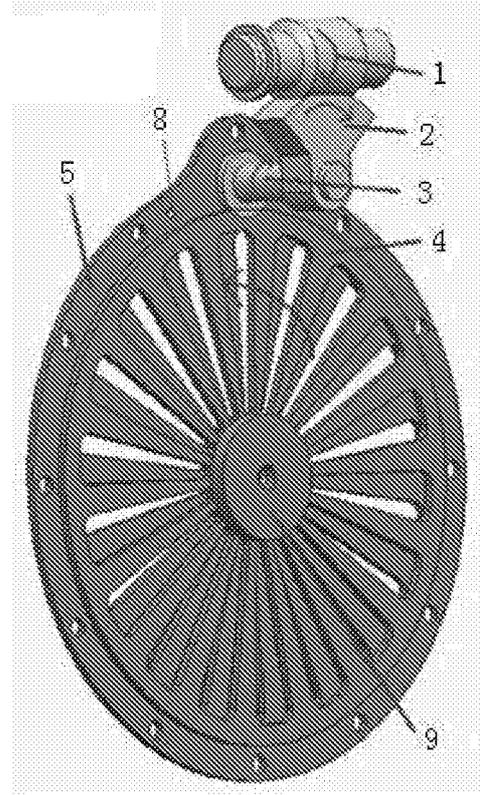


图 3