



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101886574 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201010005274. 1

(22) 申请日 2010. 01. 08

(30) 优先权数据

12/350386 2009. 01. 08 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·W·弗拉纳甘

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F02C 6/00(2006. 01)

F01D 9/02(2006. 01)

审查员 卫红

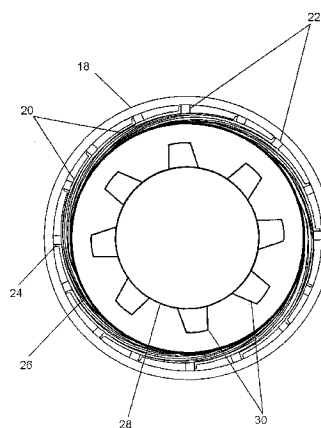
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

热负荷下具有改进的运行间隙的定子外壳

(57) 摘要

本发明涉及一种涡轮发电系统,包括具有护罩的定子(18)和位于护罩中可以旋转的转子(28),其中护罩构成为当内表面(26)受到热负荷时护罩的内表面(26)的内径减小。内径的减小允许在稳态操作而不是瞬态操作期间达到最小叶片-外壳间隙。叶片-外壳间隙构成为当发动机处于冷的固定的位置时最大。间隙还构成为随着热负荷增加而减小,直到达到稳态热平衡。在停机期间随着定子和转子开始冷却,间隙变大。



1. 一种涡轮发电系统,包括:

包括护罩的定子(18),所述护罩具有内表面(26),所述内表面(26)具有内径;以及位于所述护罩内可旋转的转子(28),所述转子(28)适于绕旋转轴线旋转,所述转子(28)具有叶片(30),所述叶片(30)具有靠近所述护罩的所述内表面的顶端;其中,所述护罩构成为当所述内表面(26)受到热负荷时,所述内表面(26)的内径减小;

所述护罩包含在壳体中,所述护罩包括多个叶(20),各所述叶(20)连接到所述定子(18)并具有占据所述内表面(26)的一部分的第一端;各所述叶(20)在第二端连接到所述定子(18);各所述叶(20)包括在所述第一端和所述第二端之间延伸的带状材料,所述带状材料有角度地绕所述转子(28)的旋转轴线;各所述叶(20)构成为当受到热负荷时变长,从而减小所述内表面(26)的内径。

2. 根据权利要求1所述的涡轮发电系统,其特征在于,所述壳体具有面对所述护罩的内表面。

3. 根据权利要求1所述的涡轮发电系统,其特征在于,各所述叶(20)构成为当受到热负荷时体积膨胀,从而减小所述内表面(26)的内径。

热负荷下具有改进的运行间隙的定子外壳

技术领域

[0001] 本发明大致属于燃气轮机发电系统领域。更具体地说,本发明是针对在热负荷下具有改进的运行间隙的定子外壳。

背景技术

[0002] 燃气轮机通常是发电单元的一部分。这种发电系统的组成部分通常包括涡轮机,压缩机,和发电机。这些部件是机械连接的,往往采用多轴来提高单元的效率。发电机通常是单轴驱动的设备。根据燃气轮机的大小和输出,有时使用齿轮箱来联接发电机和燃气轮机的轴输出。

[0003] 一般来说,燃气轮机是以所知的布雷顿循环的方式来运转的。布雷顿循环包括四个主要过程:压缩,燃烧,膨胀及热排放。空气被吸入压缩机,在此处被加热和压缩。然后,空气离开压缩机并进入燃烧器,在此处燃料被添加到空气中并点燃该混合物,从而产生另外的热量。由此产生的高温、高压气体离开燃烧器并进入涡轮机,在此处,热的、加压的气体通过涡轮的叶片,使涡轮叶轮转动并使涡轮轴旋转。因为发电机联接在同一轴上,所以它把涡轮轴的转动能量转换成了可用的电能。

[0004] 燃气涡轮发动机的效率部分取决于转子叶片顶端和定子外壳内表面之间的间隙。这对压缩机和涡轮机都适用。随着间隙的增加,更多的发动机空气会围绕在涡轮机或压缩机的叶片顶端和外壳之间而不做有用功,降低了发动机的效率。在某些操作条件下,间隙太小会导致转子和定子接触。

[0005] 由于定子和转子受到不同的热负荷,且通常由不同的材料和厚度制造,因此在操作期间定子和转子的膨胀和收缩的程度也不同。这使得叶片和外壳之间具有随操作条件而变化的间隙。对很多燃气涡轮发动机来说,停机期间的热响应速率失配是最严重的。这是因为转子清洗线路没有足够的压力差驱动冷却流。这导致定子外壳的冷却速度远远超过了转子。由于热膨胀,外壳在直径上的收缩速度快于转子。如果在外壳比转子冷得多的时候尝试重启,由转子旋转而导致的机械偏差增加了转子直径,使得旋转部分和固定部分之间的间隙变小(该情况被称为“重启动夹紧”)。

[0006] 通常情况下,叶片和外壳之间的冷时间隙(在冷却的,固定的操作条件下的间隙)设计为尽量减小在稳态操作下的顶端间隙,同时避免在停机和启动这类瞬时操作中的顶端摩擦。在冷时间隙的设计过程中,这两个因素都必须兼顾到,但瞬时操作条件通常决定最小的冷建造间隙。因此,稳态叶片间隙几乎总是大于可能的最小间隙。

发明内容

[0007] 一方面,本发明包括涡轮发电系统,该涡轮发电系统包括具有护罩的定子和位于护罩里面可转动的转子,其中,护罩构成为当内表面受到热负荷的时候,护罩的内表面的内径减小。

[0008] 另一方面,本发明包括涡轮发电系统,该涡轮发电系统包括带有多个叶的护罩,在

护罩中,各叶连接到定子上并包括有角度地围绕转子的旋转轴线的带状材料。

[0009] 又一方面,本发明包括一种用于改进燃气涡轮发动机效率的方法,包括如下步骤:(1) 为定子提供护罩;(2) 点燃燃气涡轮发动机,以便在护罩内产生热量;(3) 把燃气涡轮发电机产生的热量施加到护罩上,以此来减小护罩的内径。

附图说明

[0010] 图 1 是转子和定子的示意图;

[0011] 图 2 是在热负荷被施加前,本发明的实施例的示意图;

[0012] 图 3 是在热负荷被施加后,图 2 的实施例的示意图;

[0013] 图 4 是螺旋叶外壳的一部分的透视图;

[0014] 图 5 是示出了在本发明的实施例中将螺旋叶外壳安装到壳体上的详细视图;

[0015] 图 6 是示出转子和定子之间的间隙随时间变化的图;

[0016] 图 7 是示出当定子使用了内径在热负荷下减小的外壳后,转子和定子之间的间隙随时间变化的图。

[0017] 部件列表

[0018] 10 转子

[0019] 12 外壳

[0020] 14 叶片

[0021] 16 内表面

[0022] 18 定子

[0023] 20 叶

[0024] 22 挡块

[0025] 24 第一端

[0026] 26 内表面

[0027] 28 转子

[0028] 30 叶片

[0029] 32 弹簧

具体实施方式

[0030] 图 1 是位于定子外壳内的简化的转子的描述。转子 10 包括多个周向围绕转子 10 的叶片 14。叶片 14 沿从转子 10 的旋转轴线向定子 12 的外壳的内表面 16 的径向方向延伸。叶片 14 的离内表面 16 最近的部分被称为“顶端”。图 1 中的箭头显示了叶片 14 和内表面 16 之间的间隙。如前所述,在最小间隙下操作时能达到最大的效率。因为定子 12 和转子 10 的热响应速率不同,当涡轮经历瞬时操作时该间隙就会变化。

[0031] 一旦涡轮被点燃,因为旋转力会将叶片 14 拉向内表面 16,转子 10 的转动会引起叶片 14 的机械偏差。由于施加了热负荷,转子 10 和定子 12 获得热量,并且转子和定子材料膨胀。在定子 12 达到热平衡之前,定子 12 不断膨胀,拉动内表面 16 远离叶片 14。因此,最小间隙通常发生在到达稳态操作条件之前或之后,稳态操作会在比最小间隙更大的间隙下进行。

[0032] 图 6 说明了采用图 1 中定子-转子结构的燃气涡轮发动机的一般操作过程。图中顶部的线 D_c 表示了外壳 12 的内表面 16 在瞬态和稳态操作期间的直径。底部的线 D_r 表示了瞬态和稳态操作期间转子 10 的叶片 14 的外顶端的直径的变化。在 t_{cs} 时刻, 转子 10 是冷的和固定的。“冷时间隙”就是由 t_{cs} 时刻 D_c 和 D_r 之间的差值表示。在 t_{cs} 时刻, 开始冷启动。由于转子 10 的旋转引起叶片 14 的机械偏差, D_r 立刻开始增加。在燃气涡轮发动机加热至稳态热平衡的过程中, 瞬态操作继续。在此瞬态操作期间, 因为外壳 12 和转子 10 受热负荷的影响, 它们以不同的速率膨胀。在 t_{mc} 时刻, 因为转子 10 受热和膨胀比外壳 12 快而达到最小间隙。通常, 该最小间隙是设计限制, 在设计冷建造公差时必须考虑到这一点。

[0033] 接着, 在 t_{ss} 时刻到达稳态操作条件, D_r 和 D_c 保持基本不变。在 t_{sd} 时刻, 开始停机操作。在这个时候, 定子 10 转速的下降导致叶片 14 机械偏差的减小。外壳 12 开始以快于转子 10 的速率冷却, 导致间隙减小。在 t_{hr} 时刻, 开始热重启。这导致转子 10 的机械偏差的增加和转子 10 热膨胀的增加。由于 D_r 以快于 D_c 的速率增加, 在 t_p 时刻出现夹紧的情况。像发生在时刻 t_{mc} 的最小间隙一样, 重启夹紧情况也是设计的限制, 在设计冷建造公差时必须考虑到这一点。

[0034] 一方面, 本发明包括用于涡轮发电系统的在热负荷下内径会减小的定子外壳。内径的减小使得在稳态操作期间而不是在瞬态操作期间达到最小的叶片-外壳间隙。在一个实施例中, 叶片-外壳间隙构成为当发动机处于冷的、固定的位置时最大。间隙还构成为随着热负荷的增加而进一步下降, 直到达到稳态热平衡。在此实施例中, 停机期间间隙增加, 因为定子和转子开始冷却。一方面, 本发明包括位于定子壳体内部的螺旋叶外壳。当受到热负荷, 叶长度增加导致外壳的内径的尺寸减小, 从而使转子叶片和螺旋叶外壳之间的间隙减小。

[0035] 图 2 说明了本发明的一个实施例。具有多个叶片 30 的转子 28 绕定子 18 内的旋转轴线有角度地旋转。定子 18 包括由多个有重叠的叶 20 组成的护罩。各个叶 20 有角度地包围着转子 28 的旋转轴线。各个叶 20 具有附连在定子 18 的壳体上的第一端 24。叶 20 的另一端限定了护罩的内表面 26 的部分。图 2 示出了热负荷加载前的燃气涡轮发动机。在本图中, 发动机处于“冷”状态。

[0036] 参考图 3, 在稳态操作期间, 转子 28 和定子 18 可能出现图 3 的情况。随着转子 28 和定子 18 被加热, 叶片 30 和护罩的内表面 26 之间的间隙减小。因为机械偏差和材料膨胀, 在两个直径上相对的叶片 30 的顶端之间测量的转子 28 的直径增加。护罩的叶 20 也膨胀并变长。虽然转子 18 的壳体在加热时会增大并将其拉离转子 28, 但是叶 20 的膨胀会补偿这种增大, 并将护罩的内表面 26 推向叶片 30。在稳态操作下, 达到热平衡。在这个点上, 叶片 30 的顶端和护罩的内表面 26 之间的间隙会维持恒定。

[0037] 当涡轮发动机停机的时候, 转子 28 和定子 18 变回到图 2 所示的状态。在停机操作期间, 转子 28 和叶片 30 冷却导致转子和叶片材料收缩。转子 28 的更低的旋转也引起叶片 30 的机械偏差变小。叶 20 也冷却并且尺寸变小。这会导致内表面 26 离开转子 28, 即使定子 18 的壳体的冷却导致壳体回到其最初冷却时候的大小。

[0038] 在本发明的另一个实施例中。叶 20 更具体地设计为以某一速度膨胀, 以便匹配和抵消壳体的膨胀, 使得在启动和稳态操作条件之间, 内表面 26 的内径能保持为常量或近似

常量。在这个例子中,当发动机由启动操作条件过渡到稳态操作条件过程中,叶片 30 的顶端和内表面 26 之间的间隙减小,当发动机从稳态操作条件过渡到停机操作条件过程中,该间隙增大。在整个这个过程中,内表面 26 的内径会基本保持不变,因为叶 20 膨胀补偿了定子 18 的壳体的增大。

[0039] 图 4 示出了从定子壳体拆除下来的螺旋叶外壳的一部分。在本示例中显示了 6 个叶 20。各个叶 20 包括在第一端 24 带有凸缘的带状材料。各个叶 20 的第二端形成护罩的内表面的部分。带状材料围绕涡轮的旋转中心轴线,并“夹”在相邻叶之间。叶 20 可以选择很多不同的材料,但是希望所选择的材料具有较高的线性和 / 或体积热膨胀系数和高熔点,因为该材料会暴露在燃气涡轮机的热气体路径中。

[0040] 图 5 是说明本发明的一个实施例的详细视图。在本实施例中,叶 20 的端部 24 的凸缘与定子 18 的挡块配合。因此,当叶 20 经历线性热膨胀的时候,叶的另一端会绕涡轮的旋转轴线进一步延伸。当受到热负荷的时候,叶 20 也会经历体积热膨胀,导致叶 20 的厚度增加。因此,当涡轮加热至稳态操作条件时,叶 20 的线性和体积膨胀导致护罩的内径沿叶片 30 的顶端的方向移动。使用弹簧 32 来将叶 20 固定到定子 18 上。

[0041] 图 7 说明了使用图 2- 图 5 中的螺旋叶护罩的燃气涡轮发动机的一般操作过程。转子 10 的直径 D_r 随时间而变化,和图 6 中已说明的图 1 中的实施例基本相同。图 2- 图 5 中实施例的内表面 26 的直径 D_c 的行为与图 1 中的实施例的直径 D_c 不同。在 t_{cs} 时刻,开始冷启动。因为转子 10 的旋转引起叶片 14 的机械偏差, D_r 立即开始增加。在燃气涡轮发动机加热到稳态热平衡的过程中,瞬态操作会持续。在此瞬态操作期间,因为叶 20 经历热膨胀,定子的内表面 26 减小。 D_c 和 D_r 之间的间隙会持续减小直到 t_{ss} 时刻,这个时刻到达稳态操作条件, D_r 和 D_c 保持基本不变。

[0042] 在 t_{sd} 时刻开始停机操作。在这个时刻,转子 10 的降低的旋转速度导致了叶片 14 的机械偏差的减小。叶 20 开始冷却和收缩导致间隙增加。在 t_{hr} 时刻,开始热重启。这导致转子 10 的机械偏差增加和转子 10 的热膨胀增加。没有夹紧情形发生,在 t_{ss2} 时刻再次到达稳态条件。读者要注意到,在稳态操作期间达到了最小间隙。因为在停机操作期间间隙增加,可以看到应用了内径减小的定子消除了一些通常会影响涡轮热运转间隙的设计限制。因此,应用本发明可以达到更小的热运行间隙。

[0043] 本发明包括用于涡轮发电系统的在热负荷下内径会减小的定子外壳。内径的减小使得在稳态操作期间而不是在瞬态操作期间达到最小的叶片 - 外壳间隙。在一个实施例中,叶片 - 外壳间隙构成为当发动机处于冷的、固定的位置时最大。该间隙还构成为随着热负荷的增加而减小,直到达到稳态热平衡。在该实施例中,因为定子和转子开始冷却,在停机期间间隙增加。一方面,本发明包括位于定子壳体内部的螺旋叶外壳。当受到热负荷时,叶长度和体积增加导致外壳的内径的尺寸减小,从而减小了转子叶片和螺旋叶外壳之间的间隙。

[0044] 本发明并不限于上面所公开的具体的实施例。从前面详细的描述,本文所述的方法和设备的修改和变化对于本领域技术人员将是显而易见的。这些修改和变化属于权利要求的范围之内。

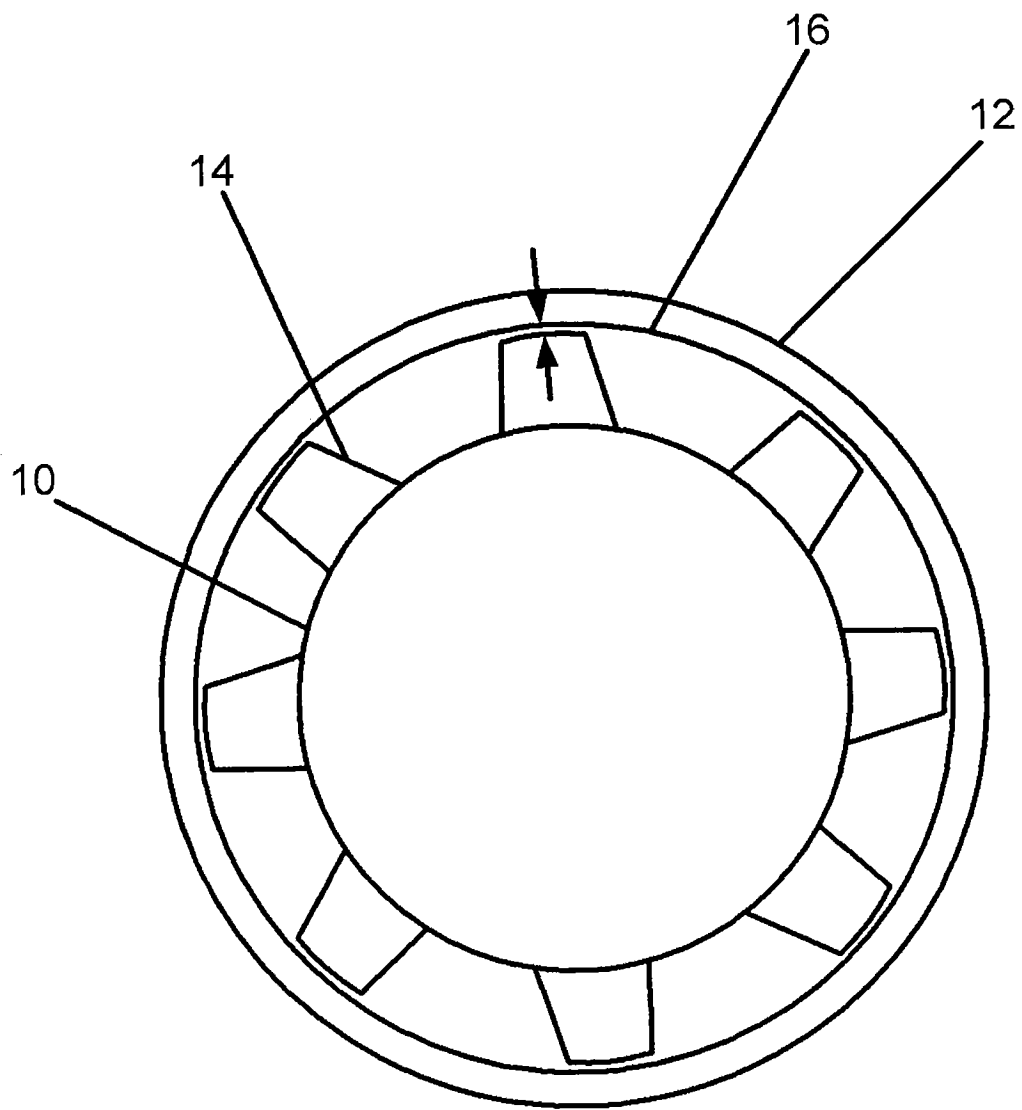


图 1

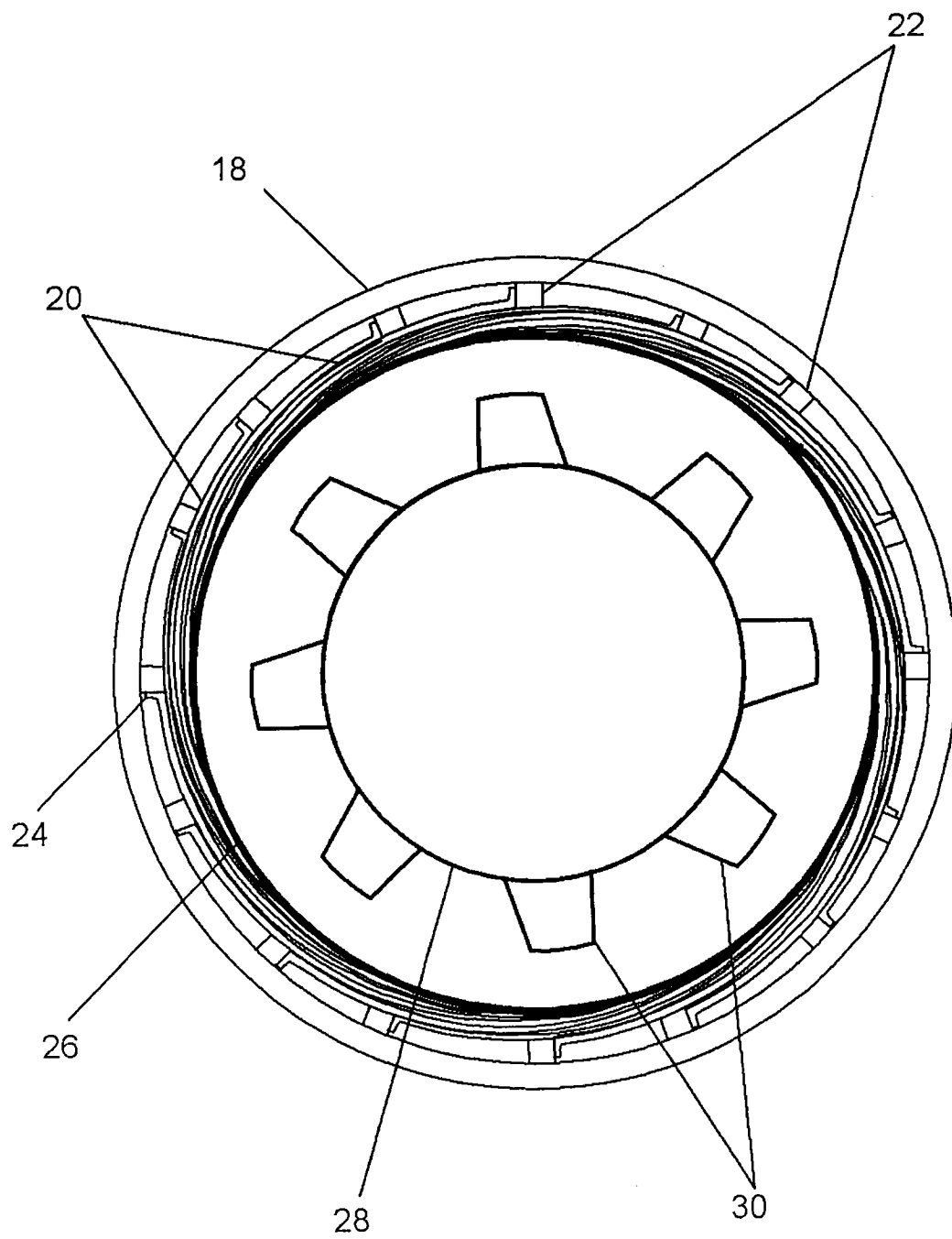


图 2

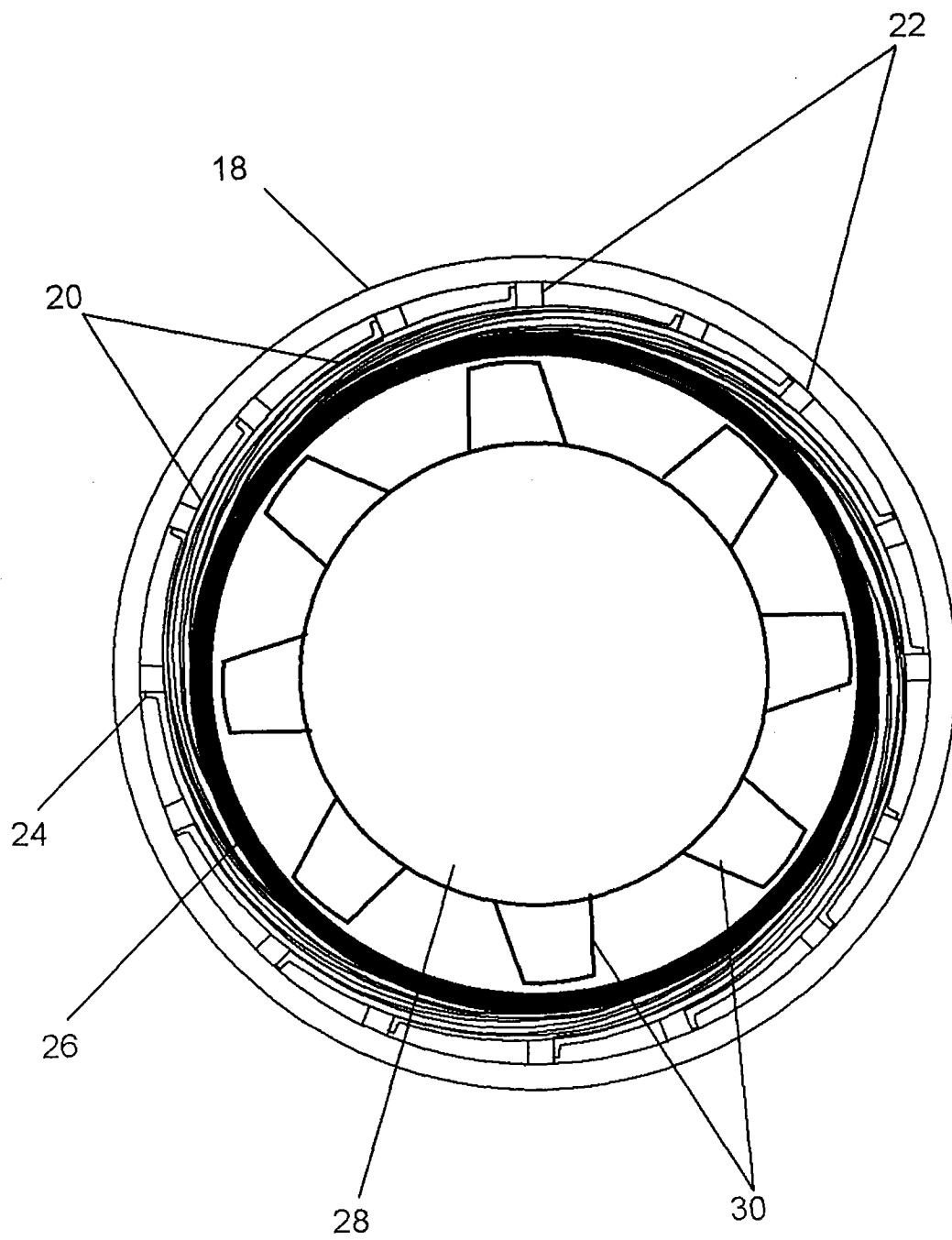


图 3

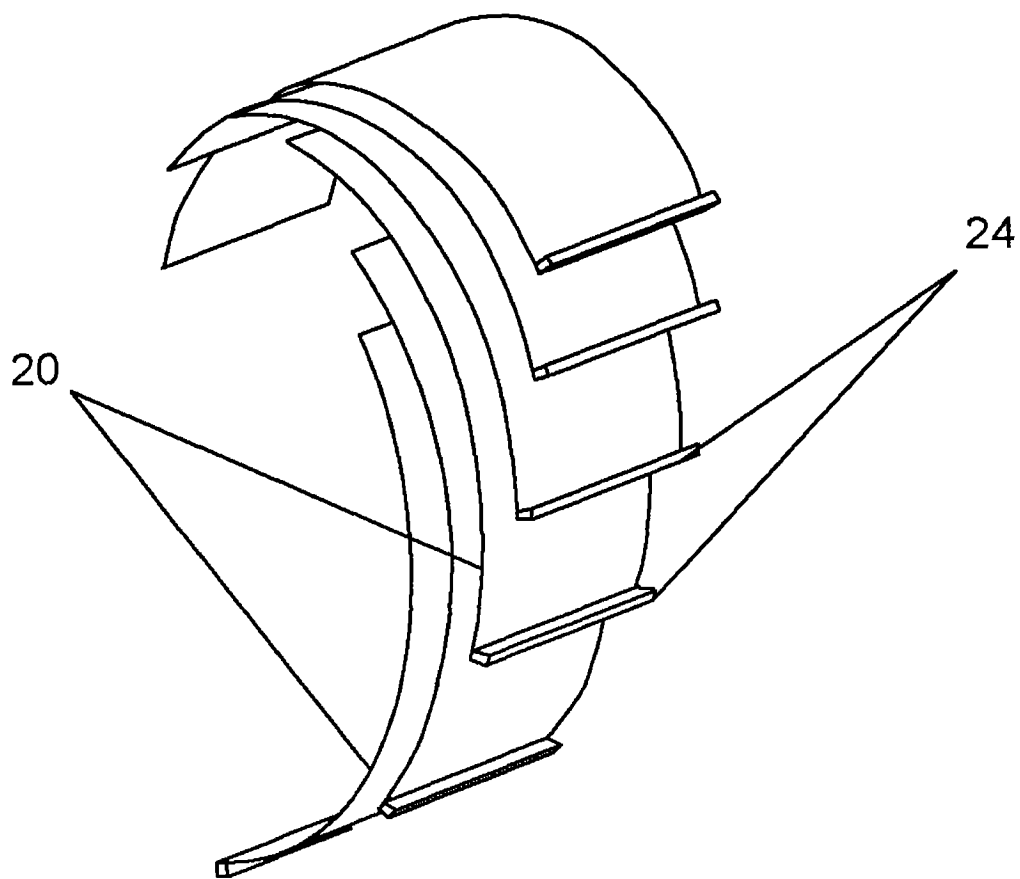


图 4

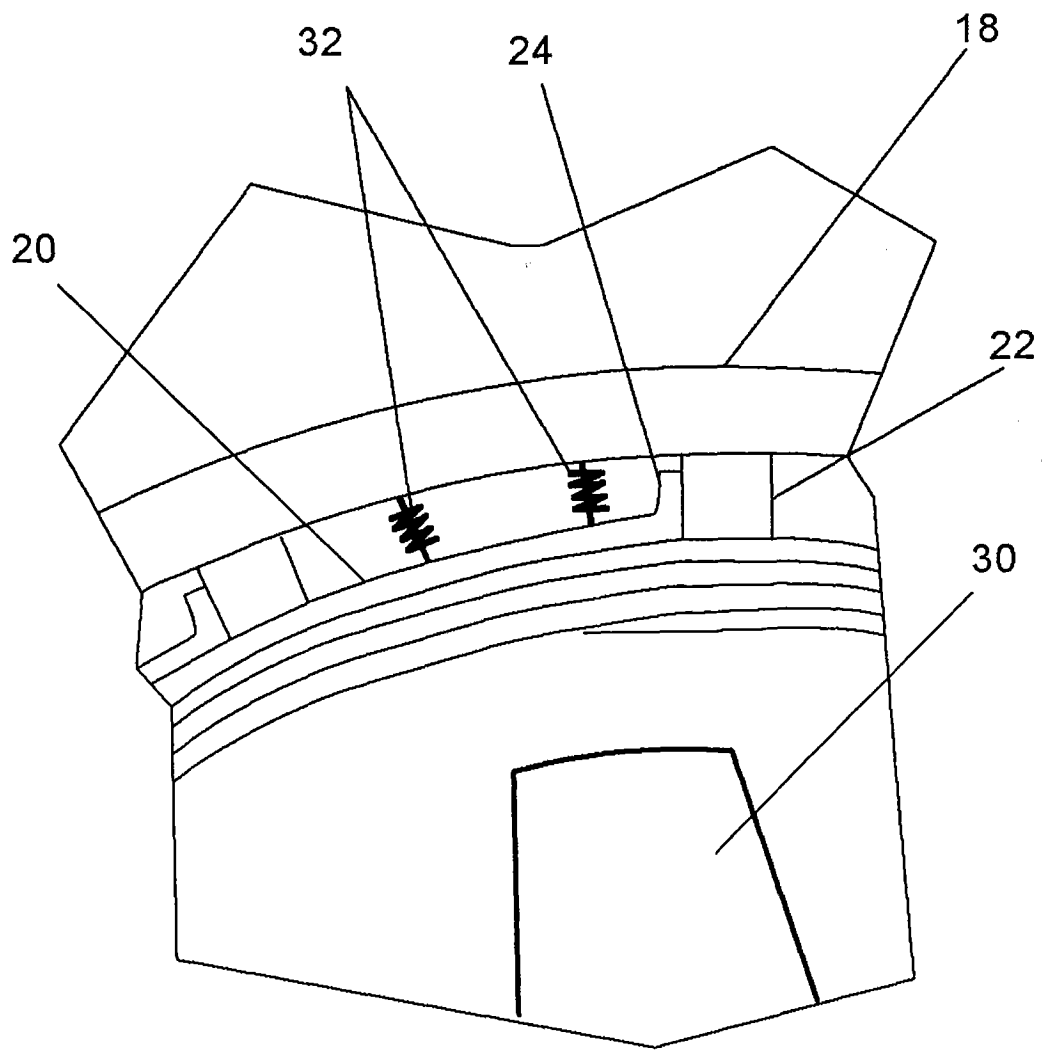


图 5

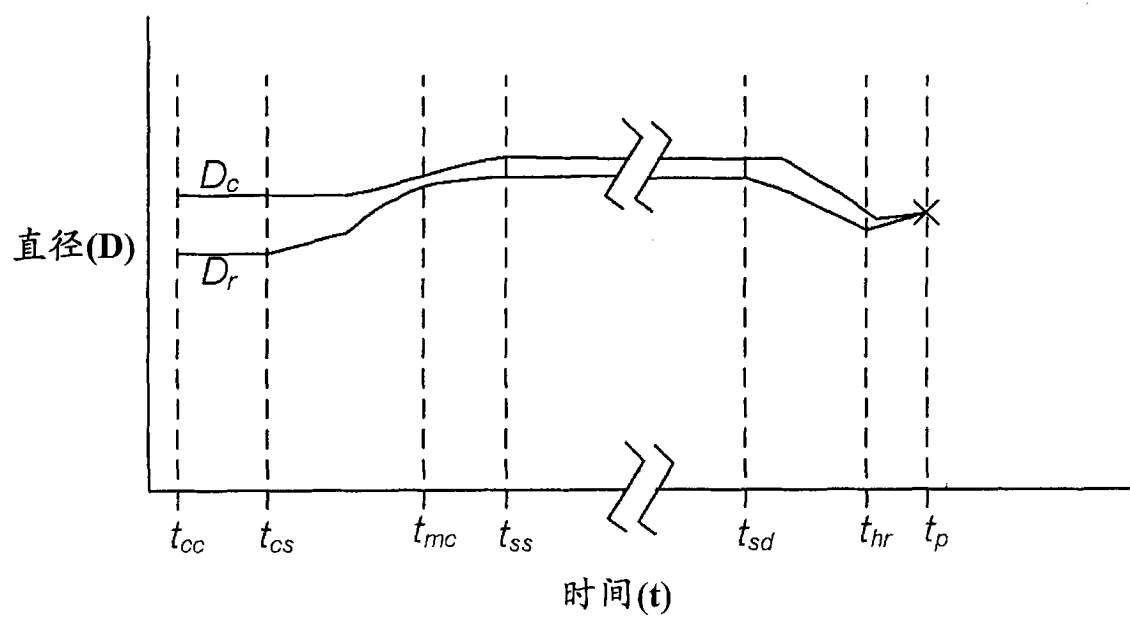


图 6

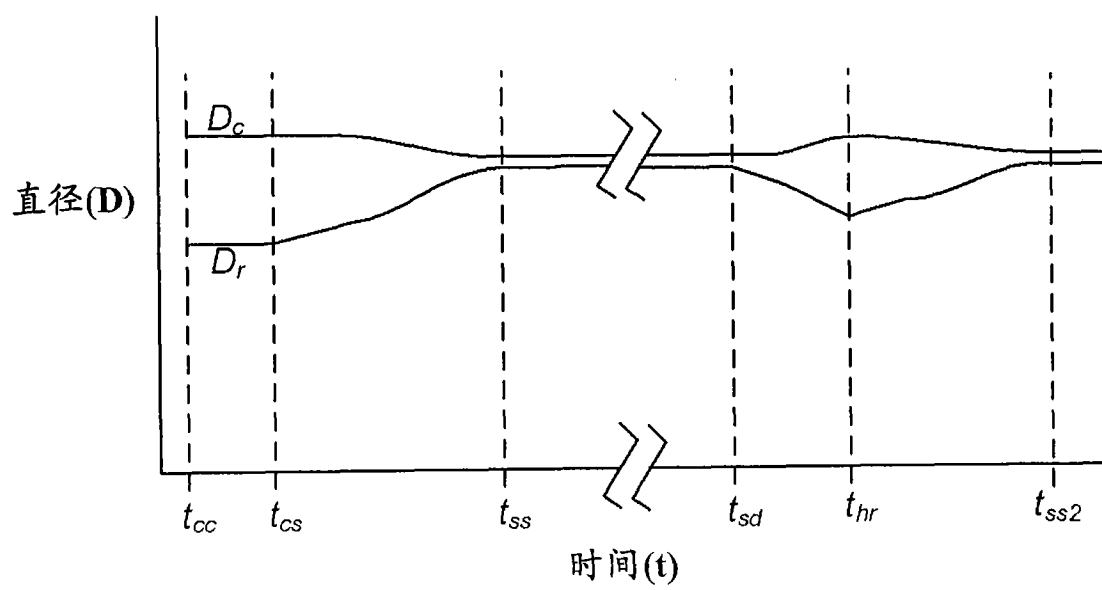


图 7