



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101546929 B

(45) 授权公告日 2013.06.12

(21) 申请号 200910132499.0

(22) 申请日 2009.03.25

(30) 优先权数据

12/054,862 2008.03.25 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·S·朗廷 P·L·詹森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 周心志 曹若

(51) Int. Cl.

H02K 1/12(2006.01)

H02K 1/22(2006.01)

F03D 9/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 2008012347 A1, 2008.01.17, 说明书第 0008、0032、0070 段、摘要,附图 1-5.

US 2008012347 A1, 2008.01.17, 说明书第

0008、0032、0070 段、摘要,附图 1-5.

CN 1833345 A, 2006.09.13, 摘要,附图 6A-6E.

CN 1605151 A, 2005.04.06, 全文.

US 2008/0007130 A1, 2008.01.10, 全文.

审查员 兰霞

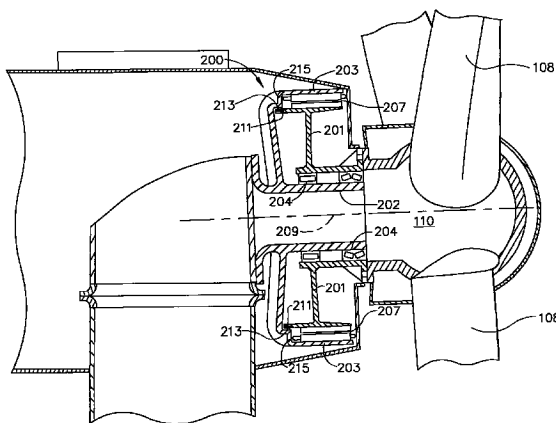
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

直驱式风力涡轮机的空气隙控制方法和系统

(57) 摘要

一种抗偏斜的风力涡轮发电机(100),其具有绕着轴线布置的定子(203)和相对于定子(203)可操作安装以发电的转子(201)。转子(201)可旋转地与大致绕着轴线旋转的风力涡轮叶片(108)相通并且把转子(201)和定子(203)构造成维持在其之间的空气隙(207)。定子(203)和转子(201)具有选择性可接合的表面(211,213),该接合表面维持大致稳定的空气隙(207)且允许转子(201)在接合期间旋转。当转子(201)偏斜到预定偏斜量时接合表面(211,213)接合。



1. 一种风力涡轮发电机,其包括:  
绕着轴线布置的定子;  
转子,其相对于所述定子可操作地安装以发电并且可旋转地与大致绕着所述轴线旋转的风力涡轮叶片相连通,所述转子和所述定子构造成维持在其之间的空气隙;和  
其中所述定子和所述转子具有选择性可接合表面,所述选择性可接合表面在接合期间将所述空气隙维持成大致稳定且允许所述转子旋转,当所述转子偏斜到预定偏斜量时,所述可接合表面接合;  
其中所述可接合表面包括具有内轴承的辊。
2. 根据权利要求1所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述选择性可接合表面允许调节所述风力涡轮发电机的固有频率响应。
3. 根据权利要求1所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述选择性可接合表面包括具有构造成接收接触表面的通道的至少一个表面。
4. 根据权利要求1所述的风力涡轮发电机,其特征在于,通道形成于所述转子的一部分上。
5. 根据权利要求1所述的风力涡轮发电机,其特征在于,绕着所述转子的圆周周期地设置所述选择性可接合表面。
6. 根据权利要求1所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述风力涡轮发电机是直驱式风力涡轮发电机。
7. 一种用于维持在风力涡轮发电机中的稳定空气隙的方法,包括:  
提供所述风力涡轮发电机,所述风力涡轮发电机包括:  
绕着轴线布置的定子;  
转子,其相对于所述定子可操作地安装以发电并且可旋转地与大致绕着所述轴线旋转的风力涡轮叶片相连通,所述转子和所述定子构造成维持在其之间的空气隙;  
当所述转子偏斜到预定偏斜量时,接合选择性可接合表面以将所述空气隙维持成大致稳定且允许所述转子旋转;  
其中所述可接合表面包括具有内轴承的辊。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述选择性可接合表面调节所述风力涡轮发电机的固有频率响应。
9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述选择性可接合表面包括具有构造成接收接触表面的通道的至少一个表面。
10. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,通道形成于所述转子的一部分上。
11. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,绕着所述转子的圆周周期地设置所述选择性可接合表面。
12. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮发电机是直驱式风力涡轮发电机。
13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,所述直驱式风力涡轮发电机提供在所述转子和所述定子之间的交替载荷路径。

## 直驱式风力涡轮机的空气隙控制方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明大致涉及一种发电机,并且更特别地,涉及用于控制在风力涡轮发电机中的转子和定子之间的空气隙的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 最近,由于环境安全和相对便宜的可替换能源,所以风力涡轮机得到了增加的关注。随着这种增长的兴趣,已经付出了相当多的努力来开发可靠且高效的风力涡轮机。

[0003] 一般地,风力涡轮机包括联接到形成涡轮机转子的轮毂上的多个叶片。公用级别的风力涡轮机(也就是说,设计成给公共电网提供电能的风力涡轮机)能够具有大型涡轮机转子(例如,直径上有七十米或更大)。在这些涡轮机转子上的叶片把风能转变成驱动一个或多个发电机的转子的旋转力矩或旋转力。通过一组内轴承由塔架来支撑涡轮机转子,该内轴承包括联接到旋转部分上的固定部分。该组内轴承经受多种载荷,包括涡轮机转子的重量、从该组内轴承悬臂的涡轮机转子的弯矩载荷、对称的和不对称的风载载荷,比如水平和剪切、偏转错位以及自然紊流。

[0004] 在直驱式风力涡轮发电机中,把发电机转子直接联接到涡轮机转子上。发电机转子和定子由空气隙分隔。在操作期间,由安装在发电机转子上的永磁铁或励磁绕场所产生的磁场穿过在转子和定子之间的空气隙通过。磁场穿过空气隙的通过至少部分地取决于空气隙的一致性。可以从叶片穿过涡轮机转子引入在发电机上的不对称载荷和/或瞬时载荷。这些载荷从涡轮机转子穿过一组内轴承传递到风力涡轮机底座上,且意在使发电机转子和定子的结构部件在载荷路径上偏斜,使得空气隙距离减小和/或使空气隙距离不一致。一种提议的解决方法包括由较硬和/或较强的材料来制造风力涡轮机部件,该材料能够承受转子上的载荷。然而,较硬和/或较强的材料和/或部件的尺寸缺点和/或重量缺点使得它们的使用受到了抑止。此外,所需的用于控制空气隙的基本结构将用尽宝贵的进入轮毂的空间,该空间对于比如节距控制的安装和维修系统以及其它装置是必需的。

[0005] 因此,所需的是一种方法和系统,该方法和系统在于提供一种风力涡轮发电机,该风力涡轮发电机具有提供空气隙稳定性的转子和定子布置。

### 发明内容

[0006] 本公开的一个方面包括风力涡轮发电机,该风力涡轮发电机具有绕着轴线布置的定子和相对于定子可操作安装以发电的转子。转子可旋转地与大致绕着轴线旋转的风力涡轮机叶片相连通,且转子和定子构造成维持在其之间的空气隙。转子和定子具有选择性可接合的表面,该接合表面维持大致稳定的空气隙且允许转子在接合期间旋转。当转子偏斜到预定偏斜量时接合表面接合。

[0007] 本公开的另一个方面包括用于维持在风力涡轮发电机中的稳定空气隙的方法。该方法包括提供一种风力涡轮发电机,该风力涡轮发电机具有绕着轴线布置的定子和相对于定子可操作安装以发电的转子。转子可旋转地与大致绕着轴线旋转的风力涡轮机叶片相连

通。转子和定子构造成维持在其之间的空气隙。该方法进一步包括当转子偏斜到预定偏斜量时,接合该接合表面以维持大致稳定的空气隙且允许转子旋转。

[0008] 本发明的抗偏斜系统和方法的一个优点在于部件不会明显地在风力涡轮机中增加重量或空间,且在不损失操作能力或功率容量的情况下提供抗偏斜。

[0009] 另一个优点在于当存在很少的转子偏斜或不存在转子偏斜时,部件会不增加旋转阻力。

[0010] 另一个优点在于在不增加断面(sectional)转动惯量的情况下可以改进定子的机械刚度。该改进的刚度减小在转子和定子之间的由弯曲载荷所引起的相对偏斜。

[0011] 另一个优点在于可以显著减小结构质量,这导致在发电机框架中成本减小。

[0012] 另一个优点包括通过选择性地联接定子和转子框架而减小电磁空气隙变化,以便使定子和转子框架独立地相对地同时地偏斜。存在该优点是因为重力载荷会支配在定子上的偏斜而与重力载荷相对的风力载荷会支配在转子上的偏斜。这种同时存在的偏斜确保转子和定子响应风力载荷,使得发电机(包括转子和定子框架)主体变形是在相同的方向上。

[0013] 另一个优点在于本公开有益地提供了额外的控制变量,通过调节刚度可以使用该控制变量以改变发电机框架的固有频率。

[0014] 另一个优点在于选择性联接充当了在转子和定子之间的交替载荷路径。

[0015] 另一个优点在于可以在现场把本公开的系统翻新成直驱式风力涡轮机。

[0016] 另一个优点在于本公开的系统允许使用较轻的发电机。除了其它的益处以外,较轻的发电机允许使用较小容量的起重机,其中在现场中组装风力涡轮机期间会使用该起重机。

[0017] 在本文中公开了该方法和系统的更多方面。通过下列的详细描述和附图,本领域中的那些技术人员将能明白和理解上面所讨论的特征以及本发明的其它特征和优点。

## 附图说明

[0018] 图 1 是根据本公开的实施例的风力涡轮机的侧视图。

[0019] 图 2 显示了根据本公开的实施例的示意图。

[0020] 图 3 显示了根据本公开的实施例的风力涡轮发电机的一部分的放大图。

[0021] 图 4 显示了根据本公开书的另一个实施例的风力涡轮发电机的一部分的放大图。

[0022] 图 5 显示了根据本公开的另一个实施例的直驱式发电机的剖面透视图。

[0023] 图 6 显示了根据本公开的实施例的风力涡轮发电机的一部分的放大图。

[0024] 只要可能,在整个附图中将使用相同的标号来指代相同或相似的零件。

## 具体实施方式

[0025] 现在将参考附图在下文中更充分地描述本发明,在附图中显示了本发明的优选实施例。然而,可以以许多不同的形式来体现本发明且不应该把本发明解释成限制于本文中提出的实施例;相反,提供这些实施例以便本公开是详尽和完整的且对本领域中的那些技术人员而言本公开充分表达了本发明的范围。

[0026] 如在图 1 中所示的,风力涡轮机 100 一般包括容纳发电机(在图 1 中没有图示)的机舱 102。机舱 102 是安装在塔架 104 顶上的壳体,在图 1 中仅仅显示了塔架的一部分。

根据本领域中所公知的因素和条件来选择塔架 104 的高度,该高度可以达到高达 60 米或更大的高度。可以把风力涡轮机 100 安装在任何地形上,该地形提供到具有所希望风况的区域的入口。地形可以很不同且可以包括,但不限于,多山地形或近海场所。风力涡轮机 100 还包括连到旋转轮毂 110 上的一个或多个转子叶片 108。尽管图 1 中所图解的风力涡轮机 100 包括一个或多个转子叶片 108 中的三个转子叶片,但是在本发明所需的一个或多个转子叶片 108 的个数上没有明确的限制。

[0027] 图 2 显示了根据本公开的实施例的直驱式发电机 200。直驱式发电机 200 包括安装到一组轴承 204 上的转子 201,其中把该组轴承 204 连到轴 202 上。转子 201 还旋转连通到旋转轮毂 110 上,一个或多个转子叶片 108 绕着该旋转轮毂旋转。把转子 201 进一步设置在定子 203 中,其中把空气隙 207 设置在其之间。转子 201 和定子 203 包括永磁铁、电磁铁绕组、其组合,或其它磁装置,这些装置布置成提供穿过空气隙 207 的足以发电的磁通量。例如,在一个操作方法中,由安装在转子 201 上的永磁铁和 / 或电磁铁所产生的磁场穿过在转子 201 到定子 203 之间的空气隙 207。本公开还可以包括转子 201 和定子 203 的其它布置且包括用于感应发电的一个或多个空气隙 207。

[0028] 磁场穿过空气隙 207 的通过要求空气隙 207 至少有一些一致。空气隙 207 的过度闭合和 / 或横穿空气隙 207 的距离不一致都会减少功率产生且会导致操作问题。此外,空气隙 207 的完全闭合,由此使转子在旋转的同时本身接触定子会引起明显的有形损坏和潜在的灾难性故障。如在图 2 中所示的,转子 201 绕着中轴线 209 旋转。一组轴承 204 提供支撑且便于转子 201 绕着中轴线 209 旋转。在风力涡轮机 100 的操作期间,风速的增加(例如,阵风)在一个或多个转子叶片 108 和 / 或旋转轮毂 110 上产生不一致的力,会导致转子 201 从中轴线 209 偏斜,这引起空气隙 207 的不一致。此外,其它的原因,比如重力下垂和电磁 (EM) 吸引也会促成在空气隙 207 中的不一致。偏斜的其它根源是环境和操作温度的往复变化 (swing)。这些往复变化也会影响空气隙 207。此外,接近风力涡轮机 100 的固有频率的激励频率会影响空气隙 207。在本文中所使用的“偏斜”、“偏斜的”和它的语法变形包括由于施加到风力涡轮机 100 上的载荷所引起的结构部件的平移运动或旋转运动,尤其是从中轴线 209 的变化和偏离。这些偏斜的根源还会引起定子的相对于中轴线 209 的偏斜。例如,空气隙 207 的可接受偏斜公差可以包括小于 20% 的闭合。

[0029] 直驱式发电机 200 进一步包括被布置在接触臂 215 的端部处的定子接触表面 211 和转子接触表面 213。布置定子接触表面 211 和转子接触表面 213,使得能够允许转子 201 在定子 203 中旋转。在一个实施例中,定子接触表面 211 和转子接触表面 213 选择性地接合。也就是说,定子接触表面 211 和转子接触表面 213 在转子 201 的偏斜期间接合或以其它方式接触。定子接触表面 211 和转子接触表面 213 的接合优选地是低摩擦接触,以允许转子 201 的连续旋转,比如通过滑动接触或滚动接触。也可以构造接合表面,以便总是发生接合,这可以减小在接合表面中的动态冲击,该接合表面仅仅在某些载荷下才接触。总是预加载(也就是说,在不断接触中)的接合表面也可以通过调节刚度使得能够易于控制结构的固有频率,以防止接近激励频率的结构振动。

[0030] 如在图 3 中所示的,把定子接触表面 211 和转子接触表面 213 设置在接触臂 215 的端部处,把该接触臂固定到定子 203 上和 / 或该接触臂是定子 203 的一部分。优选地,把接触臂 215 布置成和设置成具有足够的强度以承受与转子 201 的偏斜关联的力。接触臂

215 足以对抗由转子 201 所提供的力,以维持空气隙 207 的基本一致性。此外,接触臂 215 可以构造成允许偏斜或弹性变形,以便对抗由偏斜转子 201 所提供的力。优选地,定子接触表面 211 和转子接触表面 213 构造成提供用于转子 201 的交替载荷路径以把载荷传递到定子 203 上。此外,定子接触表面 211 和转子接触表面 213 的接口提供了更好联接转子 / 定子偏斜的方式,使得它们能够在相同的大致方向上移动。定子接触表面 211 包括一组内轴承 301,该内轴承连到固定于定子 203 上的杆或柱上。备选地,用于空气隙 207 的通道 303 可以构造成在足够高的负载下接合接触辊或低摩擦条 401(在图 3 中没有图示)。接触辊由具有内轴承的一组轮或辊 301 组成,其中内轴承由单个轴承组成,该单个轴承可以是包括滚子轴承、滚珠轴承或允许滚动接触的任何其它轴承结构的任何轴承类型。在一个实施例中,沿圆周绕着定子 203 设置具有内轴承的一组轮或辊 301,以在偏斜期间沿着转子 201 的外周提供支撑。尽管图 3 中所示的实施例包括具有固定到定子 203 上的内轴承的一组轮或辊 301 和在转子 201 上的通道 303,但是可以把具有内轴承的一组轮或辊 301 定位在转子 201 上且可以把通道 303 定位在定子 203 上。

[0031] 如在图 4 中所示的,把定子接触表面 211 和转子接触表面 213 设置在接触臂 215 的端部处,把该接触臂固定到定子 203 上和 / 或该接触臂是定子 203 的一部分,大致如在图 3 中所示的。定子接触表面 211 包括低摩擦条 401。转子接触表面 213 包括构造成接收低摩擦条 401 的通道 303。低摩擦条 401 包括定子接触表面 211,该低摩擦条是可滑动的且当偏斜转子 201 时提供与通道 303 的滑动接触和接合。低摩擦条 401 可以是低摩擦材料或涂层或者可以包括润滑剂和润滑剂系统以维持低摩擦系数。在一个实施例中,低摩擦条 401 绕着机器的圆周而连续,以最大化表面面积且最小化不一致的磨耗图纹 (wearpattern)。然而,在另一个实施例中,沿圆周绕着定子 203 设置多个低摩擦条 401 以在偏斜期间沿着转子 201 的外周提供支撑。尽管图 4 中所示的实施例包括固定到定子 203 的接触臂 215 上的低摩擦条 401 和在转子 201 上的通道 303,但是可以把低摩擦条 401 定位在转子 201 上且可以把通道 303 定位在定子 203 上。图 4 描绘了不包括杆或柱或内轴承的简化实施例。

[0032] 尽管上面的实施例把转子接触表面 213 显示成包括通道 303,但是转子接触表面并不受此限制,任何转子接触表面都可以包括平面表面或具有除了通道几何形状以外的几何形状的表面。此外,尽管已经关于接触臂 215 和定子接触表面 211 和在转子 201 的端部处的转子接触表面 213 和定子 203 显示了上面的实施例,但是可以把接触臂 215 和定子接触表面 211 和转子接触表面 213 定位在能够接收转子 201 的任何位置中,当偏斜时,这可以把空气隙 207 维持成基本一致。接触臂 215 可以处于几种构造中。尽管上面的实施例已经显示了接触臂 215 是定子 203 的一部分,但是接触臂 215 也可以是从定子 203 的延伸到定子接触表面 211 的延伸部或突出部,以用于与转子接触表面 213 选择性的接合。

[0033] 图 5 显示了根据本公开的实施例的直驱式发电机 200 的剖面透视图。如在图 5 中所示的,转子 201 和定子 203 可以定位成定子 203 在转子 201 的内侧。转子接触表面 213 和定子接触表面 211 可以在转子的相对侧上。定子接触表面 211 包括低摩擦条。转子接触表面 213 包括构造成接收低摩擦条 401 的通道 303。低摩擦条 401 包括定子接触表面 211,该低摩擦条是可滑动的且当偏斜转子 201 时提供与通道 303 的滑动接触和接合。低摩擦条 401 可以是低摩擦材料或涂层或者可以包括润滑剂和润滑剂系统以维持低摩擦系数。

[0034] 图 6 显示了根据本公开的实施例的风力涡轮发电机的一部分的放大图。如在图 6

中所示的,可以存在多个空气隙 207,其中把定子接触表面 211 和转子接触表面 213 设置在接触臂 215 的端部处,把该接触臂固定到定子 203 上和 / 或该接触臂是定子 203 的一部分。定子接触表面 211 包括具有内轴承的一组轮或辊 301,该内轴承连到固定于定子 203 上的杆或柱上。接触辊 301 由一组内轴承组成,其中内轴承由单个轴承组成,该单个轴承可以是包括滚子轴承、滚珠轴承或允许滚动接触的任何其它轴承结构的任何轴承类型。定位多个空气隙 207,使得它们能够在定子 203 和转子 201 之间。

[0035] 上面详细描述了风力涡轮发电机系统的示范性实施例。所图解的发电机部件并不限于本文中所描述的特定实施例,相反,可以独立于本文中所描述的其它部件且与该其它部件分离地使用部件中的每一个部件。

[0036] 尽管已经参考优选实施例描述了本发明,但是本领域中的那些技术人员将能理解的是,在不偏离本发明范围的情况下可以做出各种变化且可以用等价物来替换本发明的元件。此外,可以做出许多修改以在不偏离本发明的本质范围的情况下使特定的情形或材料适合于本发明的教义。所以,预期的是本发明并不限于特定的实施例,该特定的实施例作为用于实现本发明的最佳模式而被公开,反而本发明将包括落入所附权利要求的范围中的所有实施例。

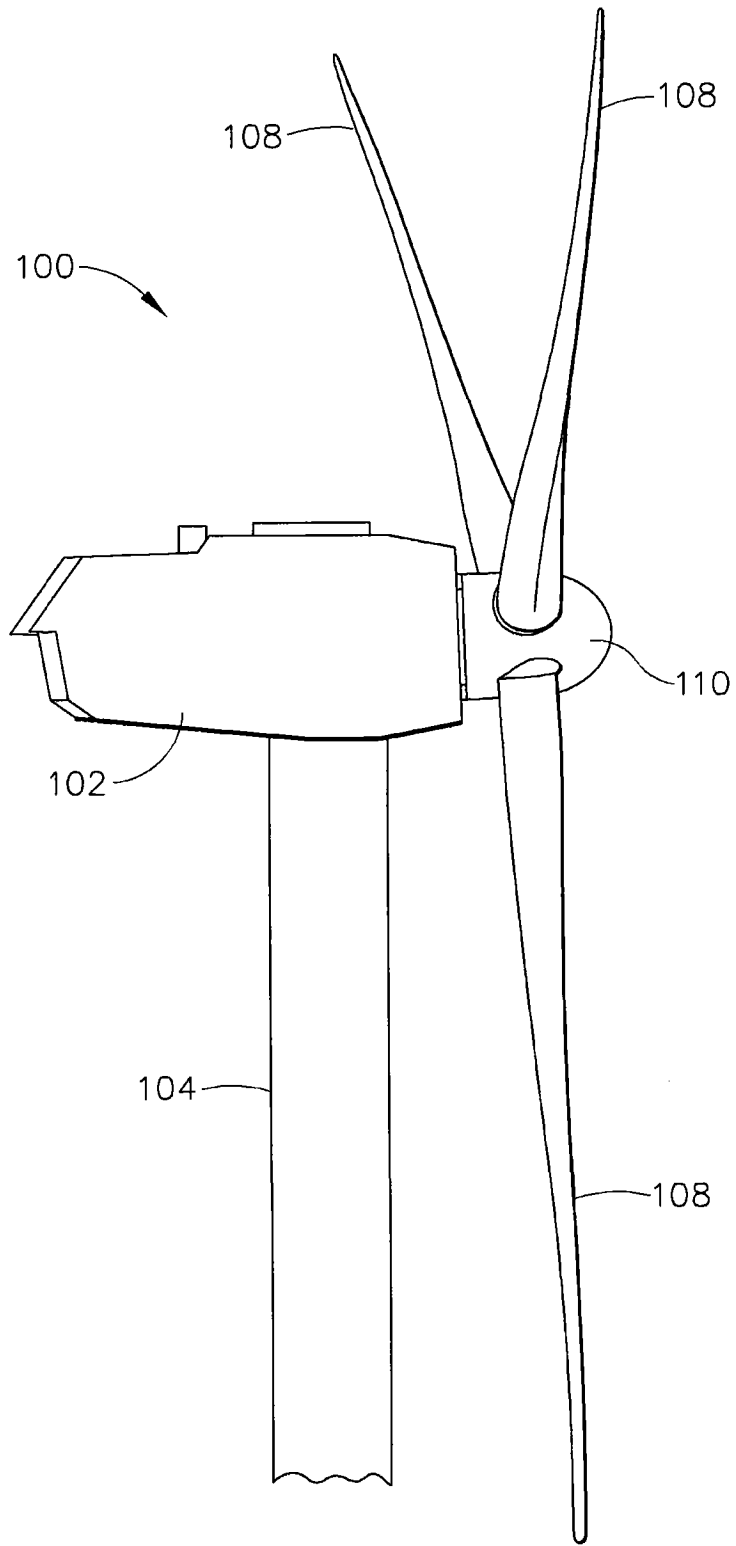


图 1





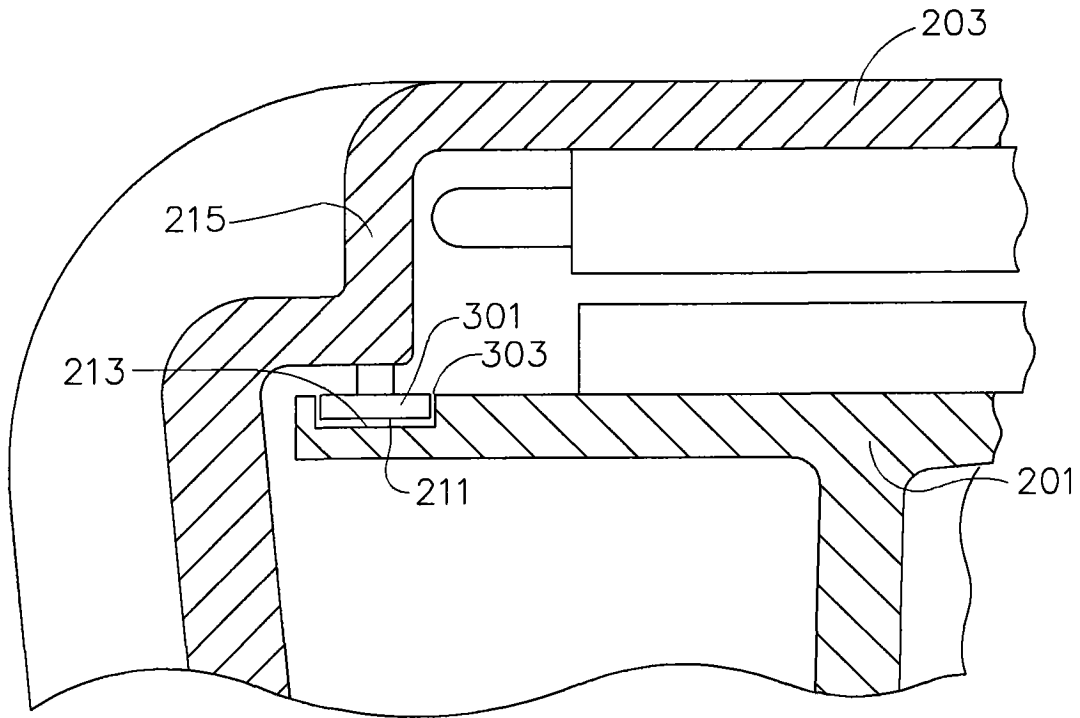


图 3

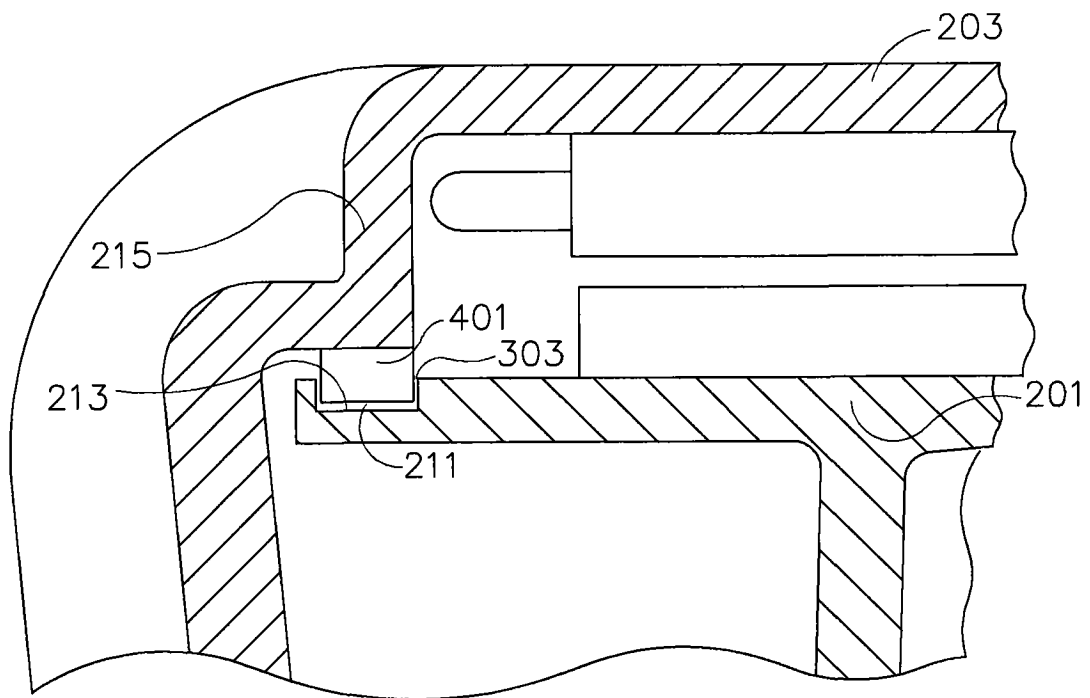


图 4

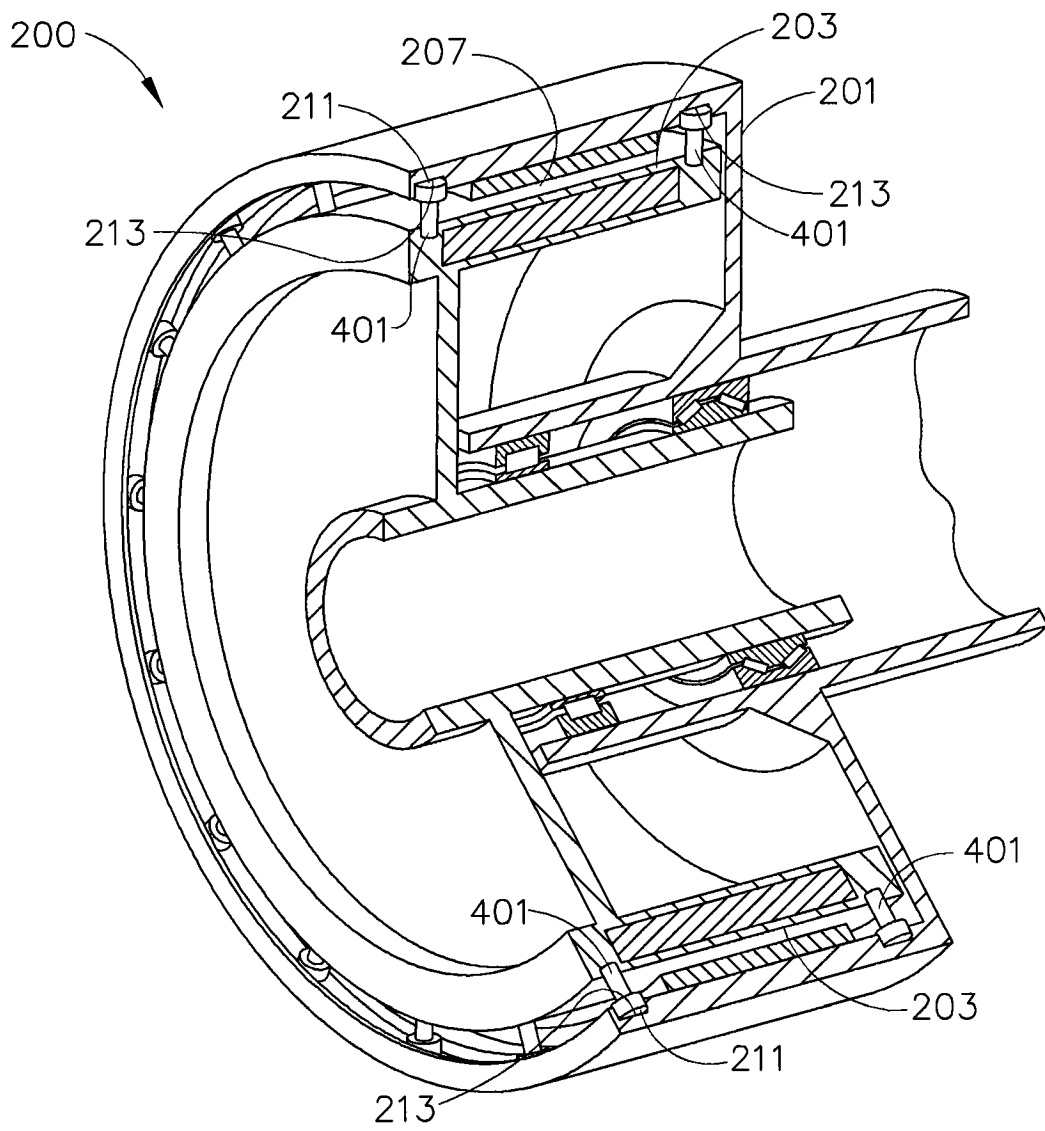


图 5

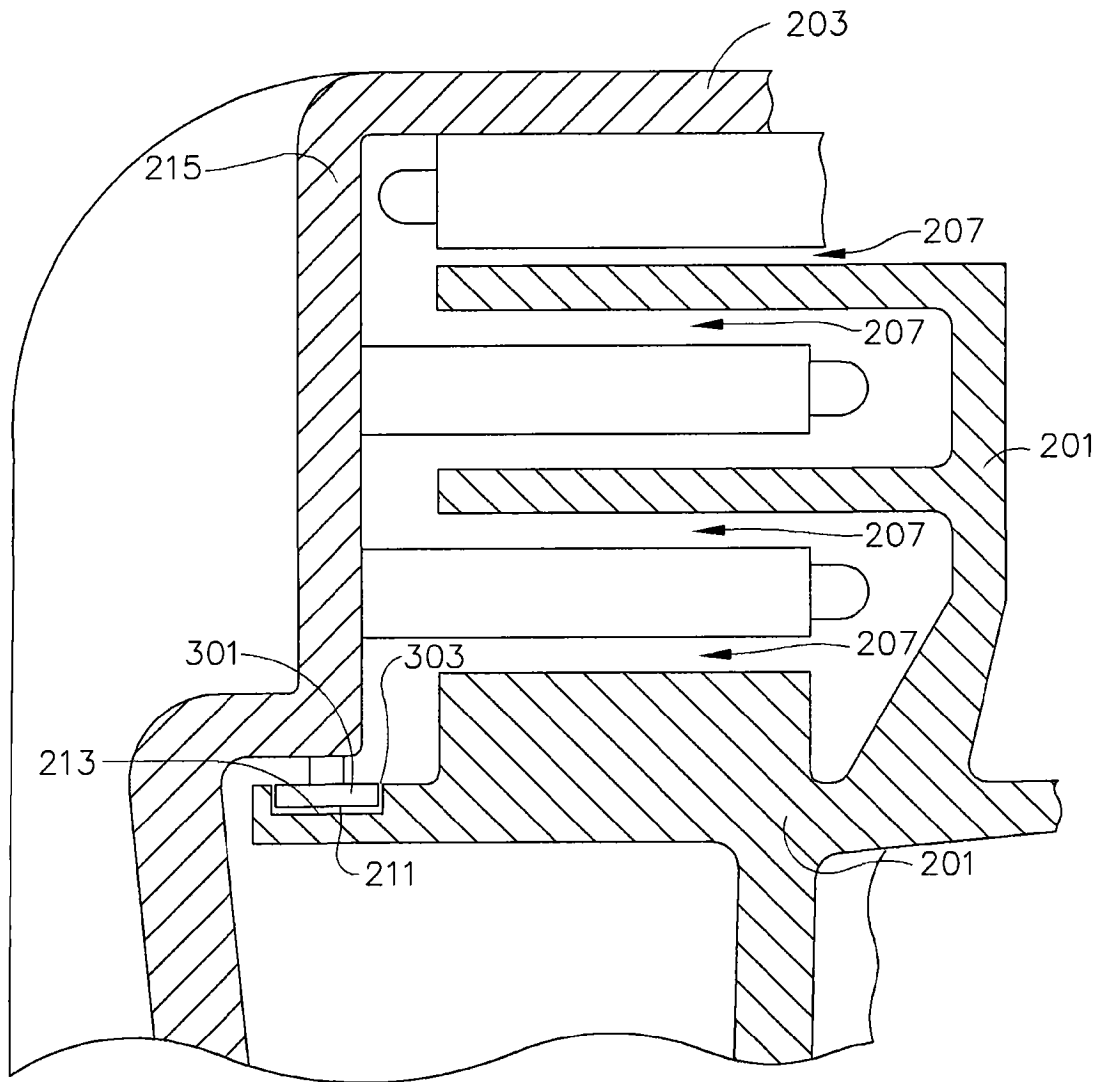


图 6