



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107078621 B

(45)授权公告日 2020.05.15

(21)申请号 201580046602.3

(22)申请日 2015.10.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107078621 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(30)优先权数据
14382381.3 2014.10.06 EP
15169713.3 2015.05.28 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.02.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2015/072802 2015.10.02

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/055370 EN 2016.04.14

(73)专利权人 沃特克斯布莱德莱丝有限公司
地址 西班牙马德里

(72)发明人 大卫·耶苏·亚涅斯维拉里尔

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 康建峰 杨华

(51)Int.Cl.
H02K 35/02(2006.01)
H02K 7/09(2006.01)
F03D 5/06(2006.01)

(56)对比文件
WO 2014135551 A1,2014.09.11,
WO 2014135551 A1,2014.09.11,
US 2005230973 A1,2005.10.20,
CN 203289300 U,2013.11.13,
JP 特开2001-157433 A,2001.06.08,
审查员 彭维娜

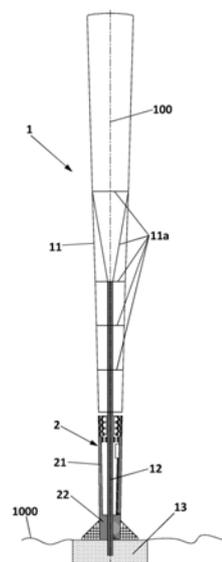
权利要求书4页 说明书20页 附图17页

(54)发明名称

发电机和发电方法

(57)摘要

本发明涉及一种发电机,该发电机包括:第一部分(1),第一部分(1)被配置成位于流体中并且被配置成使得当所述流体移动时它在所述流体中生成涡流,使得升力在第一部分(1)上生成,其产生第一部分(1)的振荡移动,所述振荡移动具有幅度。第一部分(1)的固有振荡频率可以借助于互斥的磁体而被调整到风速。磁体还可以用于在线圈中生成电流。第一部分(1)可具有随着发电机的基座上方的距离而增大的直径。



1. 一种发电机,包括:

第一部分(1),所述第一部分(1)具有第一端和第二端,所述第一端被配置成被锚定在锚定点中,所述第二端是自由的从而使得所述第一部分(1)能够执行相对于所述锚定点的振荡移动,所述第一部分(1)被配置成位于流体中并且被配置成使得当所述流体移动时它在所述流体中生成涡流,使得升力在所述第一部分(1)上生成,其产生所述第一部分(1)相对于所述锚定点的所述振荡移动,所述振荡移动具有幅度并且是摇摆移动;以及

第二部分(2),所述第二部分(2)至少部分地围绕所述第一部分(1);

其特征在于,所述发电机包括用于生成磁场的系统,所述磁场在所述第一部分(1)与所述第二部分(2)之间产生磁斥力,所述磁斥力随着所述第一部分(1)的振荡移动而变化,并且所述磁斥力具有当所述第一部分(1)的振荡移动的幅度增大时增大的最大值,

其中,所述用于生成磁场的系统包括与所述第一部分(1)相关联的至少一个第一磁体(30)以及与所述第二部分(2)相关联的至少一个第二磁体(40),

所述至少一个第一磁体(30)和所述至少一个第二磁体(40)以使得它们互斥的方式、并且以使得当所述第一部分(1)的振荡移动产生时所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体之间的距离根据所述振荡移动而变化的方式来布置。

2. 根据权利要求1所述的发电机,其中,所述至少一个第一磁体(30)包括至少两个在直径上相对的部分,并且其中,所述至少一个第二磁体(40)包括至少两个在直径上相对的部分,所述至少一个第二磁体(40)的至少两个在直径上相对的部分面对所述至少一个第一磁体(30)的至少两个在直径上相对的部分。

3. 根据权利要求2所述的发电机,其中,所述至少一个第一磁体(30)被配置为至少一个环(30)。

4. 根据权利要求2所述的发电机,其中,所述至少一个第二磁体(40)被配置为至少一个环。

5. 根据权利要求2至4中的任一项所述的发电机,其中,多个第一磁体(30)被布置在所述发电机的基座上方的不同高度处,并且其中,多个第二磁体(40)被布置在所述发电机的基座上方的不同高度处。

6. 根据权利要求2至4中的任一项所述的发电机,

其中,多个第一磁体(30)彼此相邻地布置,所述多个第一磁体(30)的极性被布置成使得由所述多个第一磁体(30)产生的磁场在第一磁体(30)的面对第二磁体(40)的一侧比在相对侧强,

并且/或者

其中,多个第二磁体(40)彼此相邻地布置,所述多个第二磁体(40)的极性被布置成使得由所述多个第二磁体(40)产生的磁场在第二磁体(40)的面对第一磁体(30)的一侧比在相对侧强。

7. 根据权利要求2至4中的任一项所述的发电机,其中,所述至少一个第一磁体(30)和所述至少一个第二磁体(40)以相对于所述第一部分(1)的纵轴倾斜的方式布置。

8. 根据权利要求1至4中的任一项所述的发电机,其中,所述第一部分(1)被布置成使得所述振荡移动的幅度至少在特定速度范围内随着所述流体的速度而增大。

9. 根据权利要求2至4中的任一项所述的发电机,其中,所述至少一个第一磁体与所述

至少一个第二磁体之间的磁斥力与所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体之间的距离的平方成反比,并且其中,当所述流体的速度增大时,所述振荡移动的幅度趋向于增大,从而在每个振荡周期的所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体之间距离最大逼近的部分期间所述至少一个第一磁体和所述至少一个第二磁体趋向于更靠近,从而在每个振荡周期中在所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体之间产生的最大磁斥力相应地增大,从而所述磁斥力的增大使所述第一部分(1)的共振频率增大,从而所述发电机的结构贡献于当所述流体的速度增大时所述第一部分(1)的共振频率的自动增大,并且所述发电机的结构贡献于当所述流体的速度减小时所述第一部分(1)的共振频率的自动减小。

10. 根据权利要求1至4中的任一项所述的发电机,其中,所述第一部分(1)包括刚性的部(11)以及待被锚定在所述锚定点中的另一个挠性且弹性的部(12),使得给定所述挠性且弹性的部(12)的挠性和弹性,所述第一部分(1)能够执行相对于所述锚定点的所述振荡移动。

11. 根据权利要求2至4中的任一项所述的发电机,包括磁体子系统(30,31,32,300)和至少一个线圈(50,500),所述发电机被配置成使得所述第一部分(1)的振荡移动产生所述磁体子系统(30,31,32,300)与所述至少一个线圈(50,500)之间的相对位移,使得电动势在所述至少一个线圈(50,500)中生成。

12. 根据权利要求11所述的发电机,其中,所述磁体子系统(30,31,32,300)被布置成使得当所述第一部分(1)在所述振荡移动期间从中性位置移动到极度倾斜位置时,所述至少一个线圈经受至少一个磁场方向改变。

13. 根据权利要求12所述的发电机,其中,所述磁体子系统包括被布置在所述发电机的基座上方的不同高度处的至少两组磁体环,每组磁体环包括围绕所述第一部分(1)同轴布置的多个磁体环(30,31,32),并且使得在径向上具有至少一个方向改变的磁场在所述至少两组磁体环之间建立。

14. 根据权利要求11所述的发电机,其中,所述线圈被布置在所述第二部分(2)上,并且所述磁体子系统被布置在所述第一部分(1)上。

15. 根据权利要求11所述的发电机,其中,所述磁体子系统(30,31,32,300)包括所述至少一个第一磁体(30)。

16. 根据权利要求11所述的发电机,包括发电机子系统,所述发电机子系统包括第一发电机模块(200)和第二发电机模块(400),所述第二发电机模块(400)能够相对于所述第一发电机模块(200)、与所述第一部分(1)的纵轴(100)平行地移动,以产生所述磁体子系统(300)与所述至少一个线圈(50,500)之间的相对位移。

17. 根据权利要求16所述的发电机,其中,所述第一发电机模块(200)是静止的发电机模块。

18. 根据权利要求16所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)借助于多个连接构件(605)连接至所述第一发电机模块(200),所述多个连接构件(605)被布置成允许所述第二发电机模块(400)与所述第一部分(1)的纵轴(100)平行地移动,并且防止所述第二发电机模块(400)接触所述第一发电机模块(200)。

19. 根据权利要求18所述的发电机,其中,所述多个连接构件(605)中的每一个在第一

连接点(605A)处连接至所述第一发电机模块(200),并且在第二连接点(605B)处连接至所述第二发电机模块(400),其中,所述第一连接点(605A)和所述第二连接点(605B)在与所述第一部分(1)的纵轴垂直的平面内以角度 α 分开,其中,相对于所述第二发电机模块(400)的对称轴(606), $\alpha \geq 20^\circ$ 。

20. 根据权利要求18所述的发电机,其中,所述多个连接构件(605)被布置成通过弯曲允许所述第二发电机模块(400)在与所述第一部分(1)的纵轴(100)平行的方向上的移动。

21. 根据权利要求18所述的发电机,其中,所述第一发电机模块(200)包括至少一个第一环形框架构件(601),并且其中,所述第二发电机模块(400)包括至少一个第二环形框架构件(602),所述第一环形框架构件(601)和所述第二环形框架构件(602)同轴布置,其中,所述多个连接构件(605)中的至少一些在一端处附接至所述第一环形框架构件(601)并且在另一端处附接至所述第二环形框架构件(602)。

22. 根据权利要求21所述的发电机,其中,所述第二环形框架构件(602)包括多个通孔(607),所述多个连接构件(605)穿过所述多个通孔(607)中相应的通孔,所述多个通孔(607)具有与所述第一部分(1)的纵轴平行的延伸,所述延伸足以允许与所述第一部分(1)的纵轴平行的、所述多个连接构件(605)与所述第二环形框架构件(602)之间的相对移动。

23. 根据权利要求16所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)由包括磁体(220, 420)和/或弹簧的第一偏置装置在第一方向上偏置,所述第一方向与所述第一部分(1)的纵轴(100)平行。

24. 根据权利要求23所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)还在与所述第一方向相反的第二方向上被偏置,所述第二发电机模块(400)至少通过重力在所述第二方向上被偏置。

25. 根据权利要求23所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)在与所述第一方向相反的第二方向上被偏置,所述第二发电机模块(400)由磁体(260, 460)和/或弹簧在所述第二方向上被偏置。

26. 根据权利要求16所述的发电机,其中,所述发电机被布置成使得在所述第一部分(1)的振荡移动期间移位力被施加在所述第二发电机模块(400)上以使所述第二发电机模块(400)平行于所述第一部分(1)的所述纵轴(100)而移位,所述移位力在所述第一部分(1)的所述振荡移动期间变化。

27. 根据权利要求26所述的发电机,其中,所述移位力由与所述第一部分(1)相关联从而根据所述第一部分(1)的振荡移动而移动的移位磁体(700, 701)和与所述第二发电机模块(400)相关联的被移位磁体(702, 703)之间的相互作用引起。

28. 根据权利要求27所述的发电机,其中,所述移位磁体(700, 701)围绕所述第一部分(1)的所述纵轴(100)而布置,以在所述第一部分(1)的所述振荡移动期间与所述被移位磁体(702, 703)中相应的被移位磁体相互作用,从而从所述第一部分(1)向所述第二发电机模块(400)重复地传递动量。

29. 根据权利要求28所述的发电机,其中,所述移位磁体(700)和所述被移位磁体(701)具有至少部分球形的形状,或者其中,所述移位磁体(702)和所述被移位磁体(703)相对于所述第一部分(1)的纵轴(100)在径向方向上延伸并且具有细长的形状。

30. 根据权利要求16所述的发电机,其中,所述发电机被布置成使得作为所述第一部分

(1)的振荡移动的结果而产生所述第二发电机模块(400)的振荡移动,所述第二发电机模块(400)的振荡移动在与所述第一部分(1)的纵轴(100)平行的方向上并且具有高于所述第一部分(1)的振荡移动的频率的频率。

31.根据权利要求16所述的发电机,其中,所述第一部分(1)具有第一质量,并且所述第二发电机模块(400)具有小于所述第一质量的第二质量。

32.根据权利要求11所述的发电机,其中,所述第二部分(2)包括第一发电机模块(200)和第二发电机模块(400),所述第二发电机模块(400)能够相对于所述第一发电机模块(200)移动,以产生所述磁体子系统(300)与所述至少一个线圈(50,500)之间的相对位移,其中,所述第二发电机模块(400)被悬置,使得它能够以与所述第一部分(1)的振荡移动的频率不同的频率、相对于所述第一发电机模块(200)振荡。

33.根据权利要求32所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)被布置成由所述第一部分(1)在所述第一部分(1)的振荡移动期间重复地触发。

34.根据权利要求33所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)被布置成由所述第一部分(1)在所述第一部分(1)的振荡移动期间通过所述第一部分(1)与所述第二发电机模块(400)之间的磁相互作用来重复地触发。

35.根据权利要求33所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)被布置成由所述第一部分(1)在所述第一部分(1)的振荡移动期间、每当所述第一部分(1)在所述振荡移动期间返回至中心位置时触发。

36.根据权利要求32所述的发电机,其中,所述第二发电机模块(400)借助于挠性连接构件(605)附接至所述第一发电机模块(200),从而允许所述第二发电机模块(400)在轴向方向上的移位但是防止所述第二发电机模块(400)接触所述第一发电机模块(200)。

37.根据权利要求32所述的发电机,其中,所述第一部分(1)具有当所述第一部分(1)不振荡时大致竖直地延伸的纵轴(100),并且其中,所述第二发电机模块(400)被布置成竖直地振荡。

38.根据权利要求1至4中的任一项所述的发电机,其中,所述第一部分(1)包括振荡杆,并且其中,所述第二部分(2)包括与所述杆的基座对应地定位的静态结构。

39.一种利用风速来使发电机调谐的方法,所述发电机包括:

第一部分(1),所述第一部分(1)具有第一端和第二端,所述第一端被锚定至锚定点并且所述第二端是自由的,所述第一部分(1)被配置成位于流体中并且被配置成使得当所述流体移动时它在所述流体中生成涡流,使得升力在所述第一部分(1)上生成,其产生所述第一部分(1)相对于所述锚定点的振荡移动,所述振荡移动是摇摆移动;以及

第二部分(2),所述第二部分(2)至少部分地围绕所述第一部分(1),

所述方法包括以下步骤:在所述第一部分(1)上布置至少一个第一磁体(30)并且在所述第二部分(2)上布置至少一个第二磁体(40),使得所述至少一个第一磁体(30)和所述至少一个第二磁体(40)互斥。

发电机和发电方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可再生能源领域,并且更具体地涉及基于流体的运动、根据在流体中产生的涡流来发电的领域。

背景技术

[0002] 由于诸如基于化石燃料的燃烧或核能的能量的不可再生能量的缺点,已经做出了重大努力来开发所谓的可再生能量,在这些可再生能量中发现了基于使用流体的运动来驱动发电机可再生能量。例如,存在称为多叶片风力发电机的装置,其利用风来使发电机的转子转动。然而,这些在世界范围内取得了巨大成功并且在许多国家中产生所消耗的电能的大部分的风力发电机通常具有大量的移动部件,其中许多移动部件以转动的方式彼此接触,由于润滑剂的消耗、部件磨损等,因此除了其他问题以外,还意味着相对高的维护成本。在一些情况下,叶片的高速度也可能成问题,因为这些叶片可能影响鸟类的生活。

[0003] 作为具有旋转式发电机的多叶片风力发电机的替代品,还提出了使用基于使用压电元件或材料来将机械能转换成电能的发电机。例如,FR-2922607-A1公开了一种发电机,在该发电机中一种类型的杆被支撑在压电元件上,使得当杆被风驱动或移动时,通过压电元件将杆的移动转换成电能。

[0004] 另一方面,CN-201818437-U公开了一种用于为具有低功耗的传感器和系统供电的发电机,该发电机也基于具有叶片的转子。转子设置有与转子一起转动并且与耦合至压电元件的磁体相互作用的磁体,使得转子的转动导致对压力元件的力,从而将转子的转动转换成电能。

[0005] JP-2006-158113-A描述了使用附接至磁体的压电元件将机械能转换成电能的另一机构。

[0006] 此外,JP-2006-132397-A描述了用水中的卡门(Karman)涡流来使引入水中的耦合至压电板的柱振动。类似地,JP-2006-226221-A和WO-2012/017106-A1引用了基于卡门涡流的发电机。

[0007] 例如,WO-2012/017106-A1描述了一种由风驱动的发电机,该发电机具有由具有高机电耦合的多个元件构成的杆,术语“机电耦合”包括压电元件。杆具有有意地将静止且分层的气流变换成湍流的部分和构造,其中,旋涡或涡流以同步的方式出现在杆的整个长度上。因此,杆承受两个力,即,与风同向的牵引力以及在与垂直于风向的方向上产生的升力,升力的方向随着对应于新涡流出现的频率而改变符号,并且可以使用以下公式来计算:

$$[0008] \quad F_v = S * V / d$$

[0009] 其中 F_v 是涡流出现的频率, V 是空气的速度, d 是杆的特征尺寸,例如,在杆具有圆形横截面的情况下,杆的特征尺寸为杆的直径。 S 是斯特劳哈尔(Strouhal)无量纲数。假定空气的速度随着高度而增大,则根据赫尔曼(Hellmann)指数定律,为了实现使涡流的出现同步,WO-2012/017106-A1提出随着了高度的增大来增大杆的直径。

[0010] WO-2012/017106-A1并没有详细说明如何将杆的移动转换成电能。尽管如此,假设

指示杆本身由具有高机电耦合的多个元件组成,则应当理解的是,杆的摇摆使元件变形,从而在受影响元件的表面之间产生功率差动。另一方面,W0-2012/017106-A1提出了通过改变具有高机电耦合的元件所承受的电压来主动调制杆的表观杨氏模量或表观弹性模量。

[0011] 通过引用并入本文的W0-2014/135551-A1公开了基于卡门涡流的发电机的其他示例,在这些示例中由压电系统将杆的振荡移动转换成电能。该文献还说明了如何通过向围绕杆的弹性芯的压电材料施加电压来改变杆的振荡的固有频率。

[0012] 这种基于卡门涡流的类型的发电机可以在没有轴承、齿轮和润滑剂的情况下运行,并且不需要启动系统。

[0013] 虽然压电元件的使用似乎是对下述问题的理想解决方案:将杆调谐到流体的移动速度例如风速的变化,以及将振荡和非旋转移动比如由卡门涡流自然产生的移动转换成电,但是人们发现,找到在技术上和经济上可行的对于大量压电材料的使用的替代方案可能是有趣的。

[0014] US-2008/0048455-A1描述了基于卡门涡流的发电机的另一示例,该示例基于陀螺仪发电机的使用。然而,这种类型的机构涉及需要相应维护的旋转式发电元件。

[0015] W0-2012/066550-A1描述了基于使用卡门涡流的另一发电机,该发电机主动控制涡流形成的频率以将其调整为捕捉元件的固有振荡频率。

[0016] US-2005/0230973-A1公开了另一种基于振动的发电机,该发电机包括涡流脱落装置。所描述的实施方式涉及利用从形成中产生的流体的井中能量产生的背景。该文献公开了用于将振动转换成电力的不同装置,包括压电装置以及与线圈相互作用的磁体。

[0017] JP-2012-151985-A和JP-2012-151982-A公开了基于相对于线圈振荡的磁体的振动式发电机,并且包括用于改变共振频率的装置。

发明内容

[0018] 本发明的第一方面涉及一种发电机,该发电机包括例如呈桩、柱或杆状的第一部分,第一部分被配置成位于流体例如空气中,尽管流体还存在其他可能性例如水。该流体可以具有基本上静止且分层的流,这是风中通常存在的特性。第一部分被配置成使得当所述流体移动时它以使得升力在第一部分上生成从而产生第一部分的振荡移动的方式在所述流体中生成涡流,例如,如JP-2006-226221-A、JP-A-2006-132397-A、W0-2012/017106-A1或W0-2014/135551-A1中所述。振荡移动具有幅度,该幅度以某种方式与风速相关。

[0019] 此外,发电机具有第二部分,该第二部分可以是基本静态的,并且至少部分地围绕第一部分,例如与第一部分的基座对应。在本发明的一些实施方式中,第二部分以其圆周的360度围绕第一部分,而在本发明的其他实施方式中,第二部分被布置为仅围绕第一部分的周界的一个或更多部分,例如,对应于与第一部分的沿直径相对的两个区域。第一部分可以包括基本上刚性的部以及被锚定在基座或锚定点中的另一个基本上挠性且弹性的部,使得给定基本上挠性的部的挠性或弹性,第一部分能够执行相对于锚定点的振荡或摇摆或摆动运动。第二部分能够至少部分地与所述基座对应地围绕第一部分,使得当第一部分相对于基座产生振荡移动时,第一部分(例如第一部分的挠性部)可以交替地倾斜到第二部分的一侧和第二部分的另一侧,逼近第二部分的一侧然后逼近第二部分另一侧。因此,第一部分在振荡的每半个周期从其中性位置逼近第二部分一次。

[0020] 根据本发明的这个方面,该发电机包括用于生成磁场的系统,该磁场在第一部分与第二部分之间产生磁斥力,斥力随着第一部分的振荡移动而变化并且具有最大值(即,在振荡移动的每个半周期中,当第一部分到达与第二部分的最靠近的逼近点时发生一次最大值),当第一部分的振荡移动的幅度增大时该最大值增大。

[0021] 因此,当振荡移动的幅度增大时,第一部分与第二部分之间的磁斥力增大,并且当振荡移动的幅度减小时,第一部分与第二部分之间的磁斥力减小。人们观察到,当风速增大时,第一部分的振荡移动的幅度也增大,并且斥力的最大值也增大。随着风速继续增大,虽然幅度以下降的速率增长,但是相反地,斥力增大得非常快(因为该增大优选地与第一部分和第二部分之间的距离的平方成反比)使得系统能够将势能存储在磁体中,当第一部分通过零弯曲的中性位置时,势能完全或者基本上转换成动能(速度),这使得能够增大第一部分的固有振荡频率。换言之,斥力改变了第一部分的行为,就好像第一部分的杨氏模量或弹性模量是可变的。因此,当风速增大时,第一部分的固有振荡频率也自动增大,反之亦然。由此,实现了随风速变化的第一部分的共振频率的被动适应或被动控制,这可以用作例如在W0-2014/135551-A1中描述的基于向压电材料施加电压的主动适应的替代或补充。

[0022] 例如,在不具有用于适应共振频率的系统的呈杆形的第一部分的情况下,当风速太低时,杆不振荡。随着风速增大并且它逼近使涡流的出现频率与该结构的固有振荡频率一致的速度,杆的振荡幅度增大,直到达到最大值。如果风速继续增大,则幅度开始减小,因为涡流开始产生得太快,而该结构的固有振荡频率保持恒定。最后,杆从足够高的风速停止振荡。从杆开始振荡的速度到杆停止振荡的速度的小的速度范围被称为“锁定”范围。本发明的一个效果是,由于对系统的固有振荡频率的适应,可以加宽锁定范围。

[0023] 在本发明的一些实施方式中,用于生成磁场的系统包括:与第一部分相关联(例如,附接至)的至少一个第一磁体(例如,一个或多个环形磁体,或者例如被布置在第一部分的圆周的优选地在直径上相对的两个或多个点处的多个磁体,所述多个磁体在第一部分的一个或多个高度处形成连续或不连续的环);以及与第二部分相关联(例如,附接至)的至少一个第二磁体(例如,一个或多个环形磁体,或者例如被布置在第二部分的圆周的优选地在直径上相对的两个或多个点处的多个磁体,所述多个磁体在第二部分的一个或多个高度处形成连续或不连续的环)。所述至少一个第一磁体和所述至少一个第二磁体以使得它们互斥的方式、并且以使得当在第一部分中发生振荡移动时所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体之间的距离根据所述振荡移动而变化的方式来布置。由于两个磁体之间的斥力与磁体之间的距离的平方成反比,因此在第一部分的振荡期间该力基本上会变化,并且力的最大值极大地取决于振荡移动的幅度。因此,第一部分的振荡移动的幅度的变化将对应于最大斥力的变化并且因此对应于第一部分的固有振荡频率的变化。

[0024] 在本发明的一些实施方式中,所述至少一个第一磁体包括至少两个在直径上相对的部分,并且所述至少一个第二磁体包括面对所述至少一个第一磁体的所述至少两个在直径上相对的部分的至少两个在直径上相对的部分。以此方式,当第一部分的摇摆或振荡移动发生时,第一磁体和第二磁体在第一部分的一侧彼此逼近,同时从直径相对侧移开,并且在第一部分上产生振荡力,其符号和幅度根据磁体之间的距离周期性地变化。

[0025] 在本发明的一些实施方式中,所述至少一个第一磁体被配置为至少一个环,例如被配置成不同高度处的若干个环,以及/或者所述至少一个第二磁体被配置为至少一个环,

例如被配置成不同高度处的若干个环。这些环可以由并置的单个磁体形成。使用呈环形的磁体例如水平环,对于发电机以相同的方式工作而不管风向如何可能是有用的。然而,例如,在风(或其他流体)仅在有限范围的方向上吹(流动)的地方,在第一部分的可预测的竖直振荡平面内布置有成对的第一磁体和第二磁体可能是足够的。

[0026] 在本发明的一些实施方式中,所述至少一个第一磁体包括被布置在发电机的基座上方的不同高度处的多个第一磁体,并且所述至少一个第二磁体包括被布置在发电机的基座上方的不同高度处的多个第二磁体。

[0027] 通过选择磁体的尺寸和强度、磁体的数目和磁体在竖直方向上的行数以及磁体的位置,可以设定与第一部分相关联的磁体和与第二部分相关联的磁体之间的相互作用,该相互作用用于使第一部分的固有频率以可能的对得最准的方式随涡流的出现频率而变化,涡流的出现频率又根据流体(例如,空气)与第一部分之间的相对速度而变化。

[0028] 在一些实施方式中,所述至少一个第一磁体包括彼此基本上相邻地布置的第一多个磁体,所述彼此相邻地布置即例如在水平面内彼此上下布置或并排布置,所述第一多个磁体的极性被布置成(例如,根据哈尔巴赫(Halbach)阵列)使得由所述第一多个磁体产生的磁场在所述磁体的面对所述至少一个第二磁体的一侧比在相对侧强,以及/或者所述至少一个第二磁体包括彼此基本上相邻地布置的第二多个磁体,所述彼此相邻地布置即例如彼此上下布置或并排布置,所述第二多个磁体的极性被布置成(例如,根据哈尔巴赫阵列)使得由所述第二多个磁体产生的磁场在相对所述至少一个第一磁体的一侧比在相对侧强。该布置用于在如下方面增强磁体的效率:它们贡献于当流体的速度增大时第一部分的共振频率的增大,反之亦然。也就是说,基本上,当以此方式例如遵循哈尔巴赫阵列布局布置磁体时,即,以增强阵列一侧的磁场同时将另一侧的磁场消除到零附近的已知方式来布置磁体时,磁场将在第一磁体和第二磁体彼此面对的一侧最强,并且从而提供磁体的有效使用。

[0029] 在一些实施方式中,至少一个第一磁体和至少一个第二磁体以相对于第一部分的纵轴例如竖轴倾斜的方式布置。在一些实施方式中,倾斜使得磁体与第一部分的对称轴或纵轴之间的距离随着第一部分的底端上方的高度而增大。例如,第一磁体和第二磁体可以被布置成具有截头圆锥形状或者至少一个表面成形为截头圆锥的磁体环。人们发现这种倾斜对于引入扭矩是有用的,扭矩可以用于减小或消除第一部分进入与其固有振荡频率对应的共振模式不同的共振模式的趋势。

[0030] 在一些实施方式或方面中,第一部分被布置成使得振荡移动的幅度至少在特定速度范围内或对于特定速度范围而言随着流体的速度而增大,例如随着增大的风速而增大。

[0031] 如上所述,在本发明的一些实施方式中,工作原理可以如下:第一磁体或多个磁体与第二磁体或多个磁体之间的斥力与第一磁体/多个磁体与第二磁体/多个磁体之间的距离的平方成反比;当流体的速度(例如风速)增大时,振荡移动的幅度趋向于增大,从而在每个振荡周期的最大逼近的一部分期间磁体趋向于更靠近,从而在每个振荡周期中在第一磁体/多个磁体与第二磁体/多个磁体之间产生的最大斥力相应地增大。斥力的增大使第一部分的共振频率增大,从而发电机的结构贡献于当流体的速度增大时第一部分的共振频率的自动增大,反之亦然。

[0032] 本发明的另一方面涉及一种发电机,该发电机包括例如呈桩、柱或杆状的第一部分,第一部分被配置成位于流体例如空气中,尽管流体还存在其他可能性例如水。该流体可

以具有基本上静态且分层的流,这是风中通常存在的特性。第一部分被配置成使得当所述流体移动时它以使得升力在第一部分上生成从而产生第一部分的振荡移动的方式在所述流体中生成涡流,如例如在JP-2006-226221-A、JP-A-2006-132397-A、WO-2012/017106-A1或WO-2014/135551-A1中所述。

[0033] 发电机还包括至少部分地围绕第一部分的第二部分。

[0034] 发电机还包括磁体子系统(包括至少一个磁体)和至少一个线圈,并且配置成使得第一部分的振荡移动产生磁体子系统与至少一个线圈之间的相对位移,使得电动势在所述至少一个线圈中生成。优选地,发电机包括多个这些线圈,这些线圈优选地围绕第一部分而布置,例如布置成发电机的基座上方的一个或更多个水平面上的一个或更多个圆形阵列。因此,第一部分的振荡移动导致线圈暴露的磁场的变化,从而第一部分的振荡移动被转换成电能。

[0035] 在本发明的一些实施方式中,磁体子系统包括多个磁体,所述多个磁体被布置成使得在振荡移动期间当第一部分在从中性位置移动到极度倾斜的位置时,所述至少一个线圈经历至少一个磁场极性或方向改变,优选地经历多个磁场方向改变,例如三个、四个、五个或更多个磁场极性或方向改变。

[0036] 在本发明的一些实施方式中,磁体子系统包括被布置在发电机的基座上方的不同高度处的至少两组磁体,每组磁体包括围绕第一部分同轴布置的多个磁体环,并且使得在径向上具有至少一个方向改变、优选地具有至少两个方向改变、更优选地具有至少四个方向改变的磁场在所述组磁体之间建立。因此,当第一部分振荡时,线圈可以在所述两组磁体之间移动,并且由于由磁体环限定的极性交替而经受磁场的极性或方向的重复改变。具有极性/方向的许多改变以增大从第一部分的摇摆移动的电产生可能是优选的。

[0037] 在本发明的一些实施方式中,线圈被布置在第二部分上,并且磁体子系统被布置在第一部分上。将线圈布置在第二部分上可能是有利的,因为可以在不连接至第一部分的情况下连接至电气系统,即振荡移动性的一部分,这对于发电机的运行至关重要。如果线圈在第一部分中,则排出能量的导体可能由于疲劳而暴露于劣化,并且粘性损耗可能不必要地增大。

[0038] 在本发明的一些实施方式中,发电机包括发电机子系统或者交流发电机子系统,所述发电机子系统或者交流发电机子系统包括第一发电机模块和第二发电机模块,第二发电机模块能够相对于所述第一发电机模块、与第一部分(例如杆)的纵轴平行地移动,以产生磁体或磁体子系统与至少一个线圈之间的相对位移。也就是说,并且不同于现有技术的布置例如US-2005/0230973-A1提出的布置,其中磁体与线圈之间的相对移动基本上对应于经受由于涡流而产生的振动的元件的侧向振荡,本发明的一些实施方式涉及与第一部分的纵轴基本上平行的移动,即,在第一部分被竖直地定向的情况下在竖直方向上的移动。这种布置可以利用例如重力来促进第二发电机模块相对于例如静止的第一发电机模块的振荡移动。促进第二发电机模块以不同于第一部分的振荡频率的频率振荡的实施也可能是有用的。在一些实施方式中,该布置对于促进发电机的元件集中靠近发电机的纵轴以使其在横向方向上的延伸或尺寸最小化也可能是有用的。关于第一部分的纵轴的引用通常是指当第一部分不振荡时的纵轴。在一些实施方式中第一部分的纵轴为竖轴。

[0039] 在本发明的一些实施方式中,第一发电机模块是静止的发电机模块。在本发明的

一些实施方式中,一个或多个线圈可以优选地被布置在静止的发电机模块中,例如在外部围绕第二发电机模块以及/或者被第二发电机模块围绕。在这些实施方式中,磁体可以被布置在第二并且可移动的发电机模块中。在本发明的其他实施方式中,一个或多个线圈可以被布置在第二发电机模块中,并且一个或多个磁体可以被布置在第一发电机模块中。在本发明的其他实施方式中,线圈和磁体可以存在于第一发电机模块和第二发电机模块等二者中。线圈可以与如本领域中已知的有助于集中或优化磁场的元件如铁磁芯等相关联。

[0040] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块借助于多个连接构件连接至第一发电机模块,所述多个连接构件被布置成允许第二发电机模块与第一部分的纵轴平行地移动,并且防止第二发电机模块接触第一发电机模块。例如,第二发电机模块的移动可以通过连接构件的某种弯曲来发生。连接构件可以基本上阻止伸长,从而,如果布置地适当,则可以确保第二发电机模块可以仅与第一部分的纵轴平行地移动,例如竖直地而不是横向地移动。例如,连接构件可以由具有高机械品质因数和高耐疲劳性的材料如碳纤维、钛、钢等制成。

[0041] 在本发明的一些实施方式中,每个连接构件在第一连接点处连接至第一发电机模块,并且在第二连接点处连接至第二发电机模块,其中,这些连接点或者这些连接点在与第一部分的纵轴垂直的平面上的投影在与第一部分的纵轴垂直的平面内(即,当第一部分在水平面内竖直地延伸时)以角度 α 分开,其中,从第二发电机模块的对称轴看去, $\alpha \geq 20^\circ$,优选地 $\geq 40^\circ$,例如 $\geq 60^\circ$ 或 $\geq 90^\circ$,其中,在本发明的许多实施方式中,所述对称轴对应于第一部分的纵轴。连接点的这种明显的角度分离可以是有利的,因为这允许使用相对刚性的连接构件,例如碳纤维、钛、钢等的杆或棒,这可以用于维持第一发电机模块和第二发电机模块的相对位置基本上被固定在垂直于第一部分的纵轴的平面内,从而防止第一发电机模块与第二发电机模块之间的接触,同时允许第二发电机模块相对于第一发电机模块、与第一部分的所述纵轴平行(例如在竖直方向上)的足够的移动幅度。

[0042] 在本发明的一些实施方式中,连接构件被布置成通过弯曲允许第二发电机模块在与第一部分的纵轴平行的方向上的这种移动。也就是说,不是使用通过滚压或伸长来允许移动的构件,连接构件弯曲到特定量的能力允许第二发电机模块在与第一部分的纵轴平行的方向上的移动。这不需要润滑剂,相反的是,使用需要润滑的滚子轴承的许多线性交流发电机的情况。本发明可以在无任何滚子轴承的情况下实现,并且允许在不更换零件或供给润滑剂的情况下长时间使用。

[0043] 在本发明的一些实施方式中,第一发电机模块包括至少一个第一环形框架构件,并且第二发电机模块包括至少一个第二环形框架构件,第一环形框架构件和第二环形框架构件同轴布置,并且所述多个连接构件的至少一些(优选地至少三个或更多个)在一端处附接至第一环形框架构件,并且在另一端处附接至第二环形框架构件。

[0044] 在本发明的一些实施方式中,第二环形框架构件包括多个通孔,连接构件穿过这些通孔中相应的一个通孔,从而通孔具有与第一部分的纵轴平行的延伸,该延伸足以允许当第二发电机构件平行于第一部分的纵轴而移动或振荡时与第一部分的纵轴平行的、连接构件与第二环形框架构件之间的相对移动。

[0045] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块由第一偏置装置、比如由包括磁体

和/或弹簧的第一偏置装置在第一方向上偏置,第一方向与第一部分的纵轴平行。在本发明的一些实施方式中,该方向向上。在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块在与所述第一方向相对的第二方向被附加地偏置,第二发电机模块至少通过重力在第二方向上偏置。在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块由偏置装置如磁体和/或弹簧在与所述第一方向相对的第二方向上偏置。在本发明的一些实施方式中,第二方向向下。

[0046] 也就是说,第二发电机模块由不同的装置或设备在两个相反的方向如向上和向下偏置或经受作用力。在这些实施方式中的一些实施方式中,在第一方向如向上方向上的偏置至少部分地由弹簧和/或磁体产生。在第二方向如向下方向上的偏置在一些实施方式中可以由弹簧和/或磁体和/或重力产生。此双偏置,即,第二发电机模块经受相反的方向的力的事实表示第二发电机模块可相对于偏置力的平衡位置浮动,并且能够通过第一部分的振荡移动引起相对于所述平衡位置的振荡。由于从弹簧和/或磁体施加在第二发电机模块上(例如从第二发电机模块上方和/或下方作用)的力将取决于第二发电机模块的位置而变化,这种布置利于在第二发电机模块从所述平衡位置移位时相对于平衡位置振荡。

[0047] 在本发明的一些实施方式中,发电机被布置成使得在第一部分的振荡移动期间力被施加在第二发电机模块上以使第二发电机模块平行于第一部分的纵轴而移位,该力在第一部分的振荡移动期间改变。该变化可以用于引起第二发电机模块平行于第一部分的纵轴的振荡,并且该振荡意味着磁体和线圈之间的相对移动,由此将动能转换成电能。在一些实施方式中,该力由与第一部分相关联从而根据第一部分的振荡移动而移动的移位磁体和与第二发电机模块相关联的被移位磁体之间的相互作用引起。术语“移位”和“被移位”是指以下观点:第一部分即杆或类似的振荡是第二发电机模块移动的源,使得与第一部分相关联的磁体由于与第二发电机模块相关联的如放置或以其他方式附接至第二发电机模块的磁体的相互作用而诱发第二发电机模块的移动。

[0048] 在本发明的一些实施方式中,位移磁体被布置在第一部分的纵轴的周围或距其一定距离,以便在第一部分的振荡期间与被移位磁体中相应的被移位磁体相互作用,从而从第一部分向第二发电机模块重复地传递动量。

[0049] 在本发明的一些实施方式中,位移磁体和被移位磁体具有至少部分球形的形状,并且在其他实施方式中它们相对于第一部分的纵轴在径向方向上延伸并且具有细长的形状。

[0050] 在本发明的一些实施方式中,发电机被布置成使得由于第一部分的振荡移动,产生第二发电机模块的振荡移动,所述振荡移动在与第一部分的纵轴平行的方向上并且具有比第一部分的振荡移动的频率高的频率。在本发明的这些实施方式中的一些实施方式中,第一部分由于其振荡移动,重复与第二发电机模块相互作用并且向第二发电机模块传递动量,第二发电机模块由此继续振荡,第二发电机模块振荡的频率取决于多个因素,包括由于生成电力的衰减、偏置装置的特性、连接构件的硬度、第二发电机模块的质量等。

[0051] 在本发明的一些实施方式中,第一部分具有第一质量,并且第二发电机模块具有基本上小于第一质量例如比第一质量小10%、小5%或小1%的第二质量。质量差可以与惯性差有关,惯性差影响使用第一部分在第一频率的振荡移动来触发和维持第二发电机模块在比第一频率更高的第二频率的移动的可能性。显然,第一部分的这种质量和其惯性之间没有直接的关系,这是因为第一部分不是线性地移动,而是进行枢转或钟摆等相对于某一

点的移动,因此它的惯性具有大幅旋转分量。因此,不仅质量和速度,而且质量在第一部分内的分布与其惯性相关。然而,作为经验法则,例如与上述百分比一致的质量大幅不同可能是有益的,以便允许第二发电机模块以比第一部分的振荡频率高的频率振荡。

[0052] 也就是说,在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块的振荡以基本上比第一部分的振荡频率高的频率发生。更具体地,在第一部分振荡的每个周期中,第一部分可以例如由于移位磁体与被移位磁体之间的靠近在这些磁体之间产生急剧增大的斥力而给第二发电机模块提供一个或两个短脉冲。这引起第二发电机模块的位移,并且上述相反偏置力帮助使第二发电机模块在平衡点或平衡水平附近持续振荡。因此,第一部分的相对慢的振荡可以用来诱导第二发电机模块的更快的振荡,这增强了机械能转换成电能的效率

[0053] 在本发明的一些实施方式中,第二部分包括第一发电机模块和相对于所述第一发电机模块可移动的第二发电机模块,以产生一个或更多个磁体即磁体的子系统与至少一个线圈之间的相对位移。例如,第二发电机模块可以包括一个或更多个磁体并且第一发电机模块可以包括线圈,或者第二发电机模块可以包括线圈并且第一发电机模块可以包括一个或更多个磁体,或者发电机模块中的一个或两个发电机模块可以包括磁体和线圈。第二发电机模块被悬置,使得它能够以与第一部分的振荡移动的频率不同的频率、相对于第一发电机模块振荡。在本发明的许多实施方式中,第一部分是相对低的频率振荡,并且可能期望以更高的频率在磁体和线圈之间产生磁位移,以提高电力产生效率。在线圈中感生的电动势与穿过线圈的磁场的改变成比例。因此,将第二发电机模块布置成以更高的频率振荡,而不是绑定成以第一部分的振荡频率振荡被认为是有利的。

[0054] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块被布置成使得由第一部分在第一部分的所述振荡期间重复地触发,以从第一部分接收能量和动量。也就是说,使得第一部分由涡流移动,由此能量从流体传送至第一部分,然后该能量部分被传送至第二发电机模块,这引起振荡,由此该能量部分由于磁体和线圈之间的相对移动而转换成电能。触发优选地可以是在短时间段中发生的脉冲等。这可以例如通过使移位磁体以与第二发电机的移动方向基本上垂直的移动靠近被移位磁体由此使在与第二发电机模块的移动方向平行的方向上的斥力的分量迅速增大来实现。因此,第二发电机模块的振荡移动由于第二发电机模块和第一部分之间的相互作用被重复馈送并且由此维持。包括相关元件的第一部分可以具有基本上较大的惯性和通常比第二发电机模块更大的质量,由此该触发可以使第二发电机模块以相比于第一部分的振荡频率相对高的频率振荡;质量和惯性之间的联系已经在上面论述。

[0055] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块被布置成由第一部分在第一部分的所述振荡期间通过第一部分与第二发电机模块之间的磁相互作用来重复地触发。可以优选的是磁相互作用,从而避免可能会导致磨损的直接影响。然而,在本发明的其他实施方式中,可以考虑通过直接影响触发。具有磁相互作用的实施方式中可以包括例如围绕第一部分的纵轴对称地布置的多个磁体(可称为移位磁体),以便通过第一部分和附接至第二发电机模块的相应磁体(其可以作为位移磁磁体)移位。移位磁体与被移位磁体之间的斥力或吸引力与磁体之间的距离的平方成反比。因此,当所谓的被移位磁体和移位磁体彼此靠近时该力迅速增大,这可以提供用于脉冲等触发,在脉冲等触发中动量从第一部分向第二发电机模块传递。

[0056] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块被布置成由第一部分在第一部分的振荡移动期间、每当第一部分在所述振荡移动期间返回至中心或中间位置时例如每当第一部分与纵轴对准时触发。该触发选择可以有助于确保例如附接至第一部分的多个磁体(“位移磁体”)相对于第二发电机模块上的相应磁体(“移位磁体”)被适当地定位,以便以与第一部分振荡的平面的取向无关的方式提供适当触发。此外,由于振荡器移动的速度相对于第一部分的位移的速度在到达中心或中心位置时处于最大,因此将触发布置成在此时发生增强了触发和的脉冲状特性以及能量和动量传递。在一些实施方式中,考虑到第一部分可能在风的方向上遭受一定的位移的事实来布置位移磁体和被移位磁体。在一些实施方式中,代替使用例如基本球形磁体,可使用相对于第一部分的纵轴在径向方向上细长的磁体。

[0057] 在本发明的一些实施方式中,第二发电机模块借助于挠性连接构件如金属(如钛或钢)条或棒、碳纤维等附接至第一发电机模块,第二发电机模块被选择和布置成允许例如通过使连接构件弯曲来使第二发电机模块沿轴向方向位移,但防止第二发电机模块接触第一发电机模块。

[0058] 在本发明的一些实施方式中,这些挠性连接构件具有在与第二发电机模块的移位的所述轴向方向上具有第一宽度并且在与所述轴向方向垂直的方向上具有第二宽度的横截面,所述第二宽度大于所述第一宽度。从而,第二发电机模块在轴向方向上的移动变得容易,而在与所述轴向方向垂直的方向上的移动变得更困难。

[0059] 在本发明的一些实施方式中,第一部分具有当第一部分不振荡时大致竖直地延伸的纵轴,并且第二发电机模块被布置成竖直地振荡。因此,第一部分相对于竖直轴的振荡被布置成触发第二发电机模块向上和向下振荡。可通过磁体或弹簧向上偏置第二发电机模块以及可选地还通过磁体或弹簧向下偏置第二发电机模块来使第二发电机模块以浮动的方式被悬置。

[0060] 本发明的一些实施方式包括上述第一方面和第二方面二者。在本发明的这些实施方式中的一些实施方式中,作为用于在线圈中感生电流的磁体的子系统的一部分的一些磁体或所有磁体也可以用于将第一部分的自然振荡频率调谐至风速的至少一部分。例如,第一磁体中的至少一些可以是用于线圈中诱发电流的子系统的部分,这就是为什么这些磁体可具有双重功能。

[0061] 在本发明的一些实施方式中,第一部分可以包括振荡杆,振荡杆构造成能够在卡门涡流的影响下振荡,并且第二部分可以包括与杆的基座对应地定位的静态结构。在本发明的一些实施方式中,第一部分具有至少1米例如高于2米、5米、10米、15米、60米、100米或200米的高度。在本发明的其他实施方式中,杆可以更小例如杆可以具有低于1米例如小于10厘米、小于1或者甚至更小的高度。已经发现,即使非常小的设备可以正常工作,因为它们能够快速适应风(紊流)导致的其快速的振荡频率的改变。考虑到,甚至有可能基于本发明的原理来产生纳米发电机。

[0062] 本发明的另一方面涉及用于制造与风速调谐的电力发电机的方法。该方法适用于包括例如为桩、柱或杆的形状的第一部分的电力发电机,第一部分被配置成被定位在流体中例如空气中,虽然也有其他的可能性例如水。流体可以具有基本上静止的流和层流,也就是在风中通常存在的特性。第一部分被配置成使得当所述流体移动时它使得升力在第一部分上生成从而产生第一部分的振荡移动的方式在所述流体中生成涡流,如例如在JP-

2006-226221-A、JP-A-2006-132397-A、WO-2012/017106-A1或WO-2014/135551-A1中所述。发电机还包括至少部分地围绕所述第一部分的第二部分。

[0063] 该方法包括以下步骤：将在至少一个第一磁体放置在第一部分上并且将至少一个第二磁体放置在第二部分上，使得所述至少一个第一磁体与所述至少一个第二磁体互斥。上面说明了以该布置实现的效果，其用于使第一部分的自然振荡频率自动适于涡流出现的频率。

[0064] 本发明的另一方面涉及在以下电力发电机中使用多个磁体，该电力发电机包括例如为桩、柱或杆的形狀的第一部分，第一部分被配置成被定位在流体中例如空气中，虽然也存在其他可能性例如水。流体可以具有基本上静止的流和层流，也就是通常存在于风中的特性。第一部分被配置为使得当所述流体移动时它以使得升力在第一部分上生成从而产生第一部分的振荡移动的方式在所述流体中生成涡流，如例如在JP-2006-226221-A、JP-A-2006-132397-A、WO-2012/017106-A1或WO-2014/135551-A1中所述。发电机还包括至少部分地围绕所述第一部分的第二部分。使用磁体旨在生成第一部分的自然振荡频率与风速自动调整。

[0065] 本发明的另一个方面涉及基于所述卡门涡流来产生用于电力发电机的捕捉元件，该捕捉元件包括基本上刚性的顶部以及挠性和弹性底部。在该上下文中，术语“刚性”和“挠性”用于指示振荡移动基本上由于基本上挠性/弹性部的变形，而不是由于基本上刚性部的任何变形。刚性顶部通过挠性底部附接至基座，使得刚性顶部可以相对于所述基座振荡。挠性底部具有有效长度“L”，该有效长度是在刚性顶部在振荡时挠性底部沿其弯曲的挠性底部的长度，即，它是挠性底部的在其至基座的附接处和其至刚性顶部的附接处之间的部分。

[0066] 刚性顶部具有取决于挠性底部与基座附接的附接点上的高度“Y”而变化的特征尺寸（在圆形横截面的情况下为直径）。

[0067] 该方法包括以下步骤：

[0068] 按照取决于所述附接点上方的高度的刚性顶部的特征尺寸（在具有圆形横截面的刚性顶部的情况下为直径）、使用基于刚性顶部相对于位于所述附接点上方的 $0.3*L$ 与 $0.7*L$ 之间的高度处的点的振荡的估计的公式来建立刚性顶部的设计（已通过计算证实，针对小角度振荡（对这种类型的发电机而言是优选的）这允许对空气和刚性顶部之间的相对速度进行基本上现实的估计；适当地考虑到风速的变化和刚性顶部由于根据高度的振荡移动的速度变化二者的估计）；以及

[0069] 利用呈现所述设计的刚性顶部来产生捕捉元件。

[0070] 以该方式得到其特征尺寸以适当方式变化使得在整个刚性顶部同步地出现涡流的捕捉元件。

附图说明

[0071] 为了补充说明和根据本发明的实际实施方式帮助更好地理解本发明的特征的目的，一组附图被附加作为说明书的一个组成部分，所述附图通过图示而非限制的方式表示了以下内容：

[0072] 图1是其中可以看到根据本发明的可能的实施方式的发电机的部件中的一些部件的示意性正视图。

[0073] 图2是根据本优选实施方式的发电机的振荡杆的和在围绕杆的流体中生成涡流的示意性横截面图。

[0074] 图3是示意性示出了根据现有技术(该图出现在W0-2014/135551-A1中)的杆的半径(R)与在地面上方的高度(H)之间的关系的图。

[0075] 图4更详细地示出了在图1所示的优选实施方式中在振荡杆和静态结构之间的磁体和线圈的分布。

[0076] 图5和图6示意性地示出了根据本发明的两种实施方式的线圈在发电机的水平横截面中的两种不同分布。

[0077] 图7和图8示出了根据本发明的可能实施方式的与杆相关联的两组磁体。

[0078] 图9示意性示出了在图7和图8的两组磁体的竖直平面内的横截面,以及所述组相对其可以移动的线圈。

[0079] 图10A和图10B分布示出了在不具有任何调谐系统(图10A)的情况下和具有调谐系统(图10B)的情况下杆的行为的两个简化模型。

[0080] 图11表示弹簧力(F_k)和磁斥力(F_b)针对位移(x)的演化。

[0081] 图12表示当经受初始瞬间的瞬时力的作用时设备在具有调谐装置(I)和不具有调谐装置(II)(具有磁排斥的移动)的情况下幅度(位移x)和频率(沿着时间轴t振荡)随时间的变化。

[0082] 图13A-13D示意性地示出了用于确定距离地面的距离的几何方法,在该几何方法中,对于小的弯曲角度,杆的延伸不经受水平位移。

[0083] 图14是示出了执行计算以针对几个弯曲角度对图13A至图13D中所示的进行确认的曲线图,其示出随着角度增大,零位移的假设不再正确。

[0084] 图15是示出高度为H的杆的直径随着高度的演变的图,该杆具有最高部分处的工作幅度 $\beta \cdot D(H)$ 和较小直径d。

[0085] 图16A至图16D示出了根据本发明的四种不同的实施方式的第一磁体和第二磁体的布置。

[0086] 图17是根据本发明的实施方式的发电机的一部分的横剖侧视图。

[0087] 图18是图17的实施方式的发电机的一部分的横剖俯视图。

[0088] 图19A和19B是可以在图17和图18的实施方式中使用的两个可供选择的磁体组件的示意性俯视图。

具体实施方式

[0089] 图1示意性地示出了根据本发明的可能的实施方式的发电机,该发电机包括为从地面1000竖直向上延伸的杆1的的第一部分,杆1由锚定基座13锚定在土壤中,锚定基座13由水泥、混凝土或任何其它合适的材料制成。在本发明的许多实施方式中,杆具有纵轴100,并且在本发明的许多实施方式中,杆1关于所述纵轴基本对称。

[0090] 如图2所示,当风的层流1001冲击杆形第一部分1时,产生在杆1的一侧和另一侧交替发生的一系列涡流1002,并且在杆的每侧相继的涡流之间具有为恒定距离1003。因此,在杆1上产生沿风的方向的拖动力1004以及与风的大致方向和拖动力的方向基本垂直的升力1005。该升力1005定期切换符号,具有与涡流的开始对应的频率,并且该力使得杆1朝着一

侧和朝着另一侧振荡。在本发明的该实施方式中,杆1具有圆形横截面,使得其在捕捉风的能量的性能方面不取决于可能随时间而变化的风的方向。在本发明的其他实施方式中,例如,当存在的流体的移动的一个非常主要的方向时,杆可以具有另一种类型的横截面,但圆形的横截面通常可能是最合适的一个。

[0091] 涡流的出现频率取决于风速。因此,为了使杆的能量捕捉最大化,可能期望涡流以同步的方式沿杆1出现。鉴于风速根据赫尔曼指数定律随着高度增大并且鉴于涡流的出现频率取决于空气和杆之间的相对速度(而这又取决于风速)和杆的特征尺寸(在该情况下,取决于杆的直径)二者,因为空气和杆之间的相对速度随着高度增大,适于使杆的直径随着高度增大。图3示意性示出了根据W0-2014/135551-A1中所描述的在地面水平杆具有约60mm的半径(R),在地面上方1米的高度(H)半径增大到约为83mm,在高度在4米的在地面上方的4米高度半径约为105mm的情况。半径随高度的理想增大取决于赫尔曼指数的值,并且该指数取决于周围环境的特性。在平坦的地方,在冰地或草地的情况下,其值最小;在非常粗糙的地形或在城市里,其值较高。

[0092] 另一方面,众所周知,当振荡的力被施加到元件或对象时,如果施加的力以与所讨论的对象的固有振荡频率相对应的频率振荡,则相应的能量吸收更好。自然频率取决于诸如元件的密度和刚度的参数。对于具有特定的配置和结构的第一部分或杆1,在生成涡流以及升力1005振荡的频率取决于风速。如在W0-2012/017106-A1和W0-2014/135551-A1中所指示的,期望使第一部分的自然振荡频率与涡流的出现频率同步。

[0093] 鉴于涡流的出现频率对于确定的捕捉元件或杆而言取决于风速,可能期望基于风速来改变杆的固有振荡频率。

[0094] 对于实心棒,其自然振荡频率为:

$$[0095] \quad \omega = ((1 * E * K^4 / d) - a^2)^{(1/2)}$$

[0096] 其中,E是杨氏模量,l是剖面转动惯量,d是棒在每单位长度上的密度,K是振荡的空间模式(1次模式及其谐波),并且a是阻尼常数。结构越阻尼(换言之,以粘滞损失、摩擦等形式从其提取更多的能量),则其振荡频率越小。任何结构的固有振荡频率取决于其所经受的阻尼。因此,从发电机提取的电功率越多,其自然振荡频率越小,除非这是通过例如使结构张紧,增加其刚性等来补偿。

[0097] W0-2014/135551-A1描述了这可以怎样通过主动地作用于作为杆的结构的一部分的压电材料来实现。在图1所示的发电机(其细节在图4中示出)具有基于使用与杆1相关联的磁体并且使用与杆1的基座对应地布置在杆1的周围的静态结构2来调整固有振荡频率的被动系统。图1和图4示出了在本发明的实施方式中静态结构2如何包括与其底部相对应地围绕杆1的大致圆柱形壁21。

[0098] 如图1和图4所示,静态结构2形成发电机的第二部分并且完全或部分围绕杆1。杆1包括相对刚性部11,相对刚性部11可以是基本中空的,并且由轻质材料如,例如,碳纤维、玻璃纤维、聚酯树脂、环氧树脂、玄武岩纤维、轻木、铝和/或钛等制成。该材料不导电可能是有利的。该刚性部可以包括提供结构刚度的内部加强元件11,如肋拱、支架或横梁。杆的上端优选例如通过帽封闭。

[0099] 另一方面,杆1包括相对挠性部12,其将杆1联接至锚定基座3,使得刚性部11可以基本上相对于基座振荡,而不管其硬度如何。该挠性部12可以是可以以振荡方式侧向弹性

变形的类型的挠性杆,从而允许该刚性部振荡。挠性部12的底部被嵌入在静态结构2的基座22中并且其顶部被容置在杆的刚性部11内。图1示出了挠性杆12贯穿静态结构的基座22,并且还嵌入在锚定基座中。然而,挠性部12的基本部分是自由的并且由于上述升力而能够连同刚性部11一起朝着一侧和另一侧振荡。

[0100] 图4示出了呈杆状的挠性部12支承五个磁体环30并且相对于这些磁体环30同轴地存在安装在相对于杆的挠性部12同轴的静态结构2上的五个磁体环40。安装在杆1的挠性部12上的磁体30和安装在静态结构40上的磁体40以使得它们互斥的方式来布置,或者换言之,如图4中示意性地示出的那样,相同符号的极面对彼此,其中,磁体的黑色部分表示N极,而白色部分表示S极。

[0101] 以此方式,当杆1的振荡产生时,挠性部12向一侧并向另一侧弯曲,因此安装在挠性部12上的一部分磁体30逼近安装在静态结构2上的一部分磁体40,而在挠性部12的在直径上相对的侧,一部分磁体30远离对应部分的磁体40。磁体30与40之间的斥力与磁体30与40之间的距离的平方成反比。当风增大时,杆的振荡移动的振幅趋向于增大,从而在每个振荡周期的最大逼近的部分期间磁体30和40趋向于越来越靠近,并且因此,在每个振荡周期中在磁体30和40之间产生的最大斥力相应地增大。该斥力的增大使该结构的共振频率增大。以此方式,图1和图4的具有磁体30和40的发电机的结构贡献于当风速增大时杆的共振频率的自动增大,反之亦然。以此方式,通过适当地选择并且布置磁体30和40(即,可以通过试验及错误测试和/或通过计算机模拟来完成的事)可以实现对杆与风速的固有振荡频率进行的自动调整,使得总是以涡流出现的频率进行调谐,从而实现从流体的移动良好地吸收能量。换言之,磁体30和40的功能可以是获得杆的固有振荡频率与涡流出现的频率之间的自动调谐。

[0102] 换言之,例如,振荡杆1和静止部2二者设置有例如呈磁环形状的磁体或以环的形状布置的单独磁体组,这些磁体被同轴地并且以相同符号的极排斥的方式(北极对北极或南极对南极)被布置。这允许磁性地限制杆的移动并且随着振荡的振幅增大而增大杆的振荡频率。

[0103] 图16A示出了可以在本发明的一个实施方式中如何布置这些磁体。磁体被布置成环绕发电机的竖直对称轴的环,因此磁体40被布置在静态结构的部分21上,从而形成磁体的外环,并且磁体30被布置在杆1的挠性部12上,从而形成磁体的内环。磁体40的外环具有与彼此上下布置的五个磁体40对应的高度,并且磁体的内环具有与彼此上下布置的五个磁体30对应的高度。在两个环中,磁体沿竖直方向被布置成跟随所谓的哈尔巴赫阵列,即具有交替的极性,使得由磁体产生的磁场在磁体的两个环面对彼此的一侧比在另一侧更强。因此,在两个环对杆的固有振荡频率的调谐的贡献方面,对磁体进行有效使用。

[0104] 图16B示出了类似但仅具有三个磁体在竖直方向上彼此跟随的布置。

[0105] 图16C示出了与图16B中的布置一致但以倾斜的方式布置磁体使得外环和内环均具有与截头圆锥对应的形状的布置。该布置被认为对于在挠性部12上产生一定扭矩的目的而言是有用的,从而防止挠性部12进入与第一部分的共振振荡的第一模式不同的共振模式。

[0106] 图16D示意性地示出了类似于图16C的实施方式的实施方式,不同之处在于磁体的每个环具有与仅一个磁体对应的高度T。这种布局可以比图16C的布局生产起来更简单,但

是这种布局不具有由哈尔巴赫效应提供的优点。

[0107] 图4示出了多个线圈50如何安装在静止部2上并且与静止部2的顶部对应,其中,发生挠性杆12向侧面的实质移动。线圈50的匝与水平面平行或几乎平行。如图4所示,线圈50分布在三个水平上,即在发电机的基座上方的三个不同高度处。这些线圈50可以设置有铁磁芯51。

[0108] 线圈被布置成使得当杆1振荡时,上面所提及的磁体30中的一些经过线圈的上方和下方。如图4所示,对于每个线圈50而言,存在位于稍高于线圈的高度处的磁体30和位于稍低于线圈的位置处的另一磁体30,磁体的极性被反转,使得如图4中已经根据线圈中的一个和磁体对示意性地示出的那样,在线圈经过磁体30中的一个的上方的情况下,线圈50通过沿一个方向(例如N至S)定向的磁场一次并且通过沿相反方向(S至N)定向的磁场一次。线圈通过变化的磁场在线圈中感应电动势或电势,该电动势或电势可以由图4中示意性地示出的电力系统60收集和适应。

[0109] 换言之,为了使匝产生电动势并且生成电力,在挠性杆12上布置多级磁环30(或以环的形状布置的一组单独的磁体)。磁环30的级数等于线圈的级数加一(在图4中存在与三级线圈50相关联的四级磁环)。以此方式,磁环的移动产生线圈内的场线的方向和感测的改变。如图4中示意性所示出的那样,从磁的角度来看,每级磁环将在其相邻处具有磁相反磁环,即,如果磁环的级中的一个的最外部分是南极,则其相邻的级将在最外部分具有北极,并且如果磁环的级中的一个的最外部分是北极,则其相邻的级将在最外部分具有南极。

[0110] 图4示意性地示出了磁体30如何安装在安装在挠性部12上的支承结构13上以及线圈50如何安装在静态结构2本身上(也参见图5)。还可以将线圈50安装在杆上,但是从实用性的角度来看,可以优选地将它们安装在固定部分上,以便于连接至旨在向其传输生成的电力的外部网络,从而降低导体的疲劳断裂的风险、排空能量并且避免不必要的摩擦损失。由线圈50生成的能量可以由电力电子系统60适当地调整并且约束,电力电子系统60可以包括例如逆变器等,并且传导系统61可以排空所生成的电力。

[0111] 图6示出了替代配置,其中,在每级线圈处(在图4中存在三级线圈50)线圈被布置在两个同心环中。在目的是实现发电机的最佳或至少可接受的性能的情况下,环的数量、线圈的尺寸等是本领域技术人员将依据诸如发电机的尺寸、振荡期间挠性部在横向方向上的位移等多个方面而选择的事物。

[0112] 图7、图8和图9示意性地示出了在本发明的一些实施方式中可以在每级处以多个同心环30、31和32的形状如何布置被安装在上面所讨论的支承件13上的磁体。图9是图7和图8中所示的两组磁体的竖直横截面图,其中,一组磁体布置在另一组磁体上方并且由可以安装线圈50的间隙间隔开。如图所示,在这两组磁体在竖直方向上彼此相隔一定距离被放置的情况下,建立分隔空间,在该分隔空间中,在每个线圈中磁场的极性或方向出现三次改变。因此,当线圈50由于振荡移动而通过所述空间时,线圈将经历多次改变极性的磁场。考虑到所生成的电流取决于线圈经历的磁场的变化,磁场中的该高频变化有益于电流的生成。

[0113] 在本发明的一些实施方式中,安装在挠性杆12上的磁体30、31和32可以具有附接至其本身的铁磁材料,以适当的方式引导场线,例如在给定空间内增大磁场的极性/方向改变的次数以在杆的振荡周期期间使线圈50经历的磁场的方向的改变的次数最大化。

[0114] 如下面根据先前所说明的那样,在如图1和图4所示的本发明的实施方式中,静态部件的顶部具有与被设计成在不使用任何轴承或减速齿轮箱的情况下产生能量并且不管杆12被弯曲的方向均产生电力的非传统交流发电机的定子的功能对应的功能。

[0115] 图4示出了磁体如何安装在总共五行上,其中,上面四行由于与线圈50的相互作用而贡献于发电,而上面四行和底行贡献于发电机与风速的自动调谐。

[0116] 图10A和图10B示意性地示出了无任何调谐系统(图10A)的杆的行为和具有根据本发明的可能实施方式(图10B)的调谐系统的杆的行为。

[0117] 调谐机构的目的是根据流体的速度来修改设备的固有振荡频率。当设备没有调谐系统时,其移动可以被建模为阻尼简谐振子(a)之一(图10A):

$$[0118] \quad m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = 0 \quad a)$$

[0119] 其中,m是设备的质量,c是包括装置本身、其他损耗和转换成电能的机械能的结构阻尼的阻尼常数并且k是弹性杆的弹性常数。在这种情况下,设备的固有振荡频率为:

$$[0120] \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad b)$$

[0121] 考虑到涡流的生成,当振荡杆受具有最大值 F_0 、延迟 φ 和频率 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ (ω [rad/s], f [Hz])的正弦力 F (如果升力系数的值被认为是恒定的,则与频率的平方成比例)影响时,可以将移动建模为强制阻尼谐波振子之一:

$$[0122] \quad m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = F = F_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad c)$$

[0123] 当频率 ω 与设备的固有频率 ω_0 一致时,设备进入共振并且经历从流体吸收能量的能力的显著增加。

[0124] 因为在原则上考虑到装置仅具有一个固有振荡频率(在第一振荡模式中)的情况下 ω 与流体的速度成比例,所以仅存在装置进行工作的一个单一速度。然而,动力发电机例如风力发电机将更多的利润,这是因为动力发电机可以操作的小时/年数更大。如上面所说明的,存在小范围的风速(锁定的空气动力学现象),在该小范围中,基于卡门涡流的设备可以保持其共振,但这远小于合理竞争的风力发电机所需要的。

[0125] 为了能够增大风速的该范围,可以包括调整装置的振荡频率的调谐机构。因此,在存在较高风速的情况下,或换言之,在存在涡流出现的频率增大的情况下,杆将以更高的频率振荡。

[0126] 图10B的布置与图10A的布置的不同之处在于在排斥模式中添加两对磁体。可以通过以下表达式来描述所述模型的移动:

$$[0127] \quad m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x + \frac{b}{(d-x)^2} - \frac{b}{(d+x)^2} = F \quad d)$$

[0128] 其中,b包括(磁学的库仑定律)磁导率的倒数和磁质量的乘积,d是每对磁体之间的静态距离。

[0129] 如图11所示,由杆的变形在质量上产生的弹力 F_k 随着位移 x 的演变和由两对磁体 F_b 产生的合力随着位移 x 的演变是不同的。如可以看到的以及如已经提及的,随着质量(杆)在

杆的零弯曲的中间位置附近的移动,弹力主要抵抗磁力。随着位移增大,弹力和磁力影响开始平衡,并且在高位移中,主要力是磁原点的力。

[0130] 这具有几个含义。

[0131] 振荡杆在其通过零弯曲的中间位置时的动能在这两种情况下取决于振荡杆的质量和速度的平方。当振荡杆的位移最大时,存储的势能不取决于振荡杆的质量和速度的平方。在图10A所示的情况下,势能仅是弹性势能,而在图10B所示的情况下,势能将具有弹性性质和磁性质,差别是磁原点的势能随着位移的立方而不是平方增大,正如弹性势能的情况。如图12所示,与针对大位移的阻尼简谐移动(I)相比,具有磁斥力的移动(II)的轨迹经历振荡频率的增大。在小位移的情况下(在图的右侧),几乎所有势能由弹性杆累积,两条轨迹具有很相似的大小周期。

[0132] 图17示出了根据本发明的另一实施方式的发电机的一部分。文中,第一部分通常可以如图1所示的那样成形并且包括挠性部12。在图17的实施方式中,该挠性部被发电机组件包围,该发电机组件包括:静止的第一发电机模块200,其包括线圈50和500;以及第二发电机模块400,其可以与第一部分1的纵轴100即在本实施方式中在竖直方向上平行地移动。第二发电机模块200包括堆叠在彼此顶部并且布置成环形的多个磁体300,并且第一发电机模块包括围绕第二发电机模块400外部的磁体的线圈50以及被第二发电机模块400内的磁体围绕的线圈500。线圈还可以设置有在501处示意性地示出的铁元件或铁磁元件,以集中磁场。如本领域中已知的那样,磁体300在竖直方向上的移动将在线圈中生成电动势。

[0133] 第二发电机模块包括磁体300的顶部上的顶部环形框架构件602和磁体300下方的底部环形框架构件604。因此,第二发电机模块可以被认为是在第一发电机模块的线圈50与500之间沿竖直方向移动的一种活塞。

[0134] 第一发电机模块同样包括两个环形框架构件601和603。所述环形框架构件601中的上一个通过如图18所示的杆状元件或连接构件605附接至第二发电机模块的顶部环形框架构件602,而第一发电机模块200的下环形框架构件603通过类似的杆形构件608附接至第二发电机模块的底部环形框架构件604。这些杆形构件可以例如由金属、碳纤维或具有足够的牵引力和抗疲劳性的任何其他材料制成。

[0135] 图18示意性地示出了杆状构件605如何在一端附接至第一发电机模块的环形框架构件601以及在另一端附接至第二发电机模块的环形框架构件602。在环形框架构件602中设置三个开口607,所述开口使得对应的杆状构件605穿过环形框架构件602,所述开口在竖直方向上具有允许在杆状构件605与环形框架构件602之间沿竖直方向位移的延伸。类似的杆状构件608和开口609被设置成与底部环形框架构件603和604对应。

[0136] 在图18中示意性地示出了杆状构件605与环形框架构件601的连接点605A和杆状构件605与环形框架构件602的连接点605B如何分别在水平面内相对于第二发电机模块的对称轴606以角度 α 分开(在该实施方式中,该对称轴与第一部分1的对称轴100对准)。在这种情况下,该角度大约为 120° 。附接点的该显著分隔会是有利的,这是因为其允许使用相对刚性的连接构件605例如金属或碳纤维杆或棒,该相对刚性的连接构件605可以用于维持第一发电机模块和第二发电机模块的相对位置,第二发电机模块基本上固定在与第一部件的纵轴垂直的平面上,从而防止第一发电机模块与第二发电机模块之间的接触,同时允许第二发电机模块相对于第一发电机模块、与第一部分的所述纵轴平行地移动的足够振幅。

[0137] 在图18中仅示出了三个杆状构件,但可以使用任何其他合适数量的杆状构件,并且附接点与环形框架构件的角度放置可以由本领域技术人员优选地进行选择。

[0138] 图17示出了第二发电机模块由于布置在第二发电机模块400下方的磁体环220与布置在第二发电机模块400底部的磁体环420之间的斥力如何悬置或漂浮在空气中。因此,这些磁体220与420之间的相互作用克服由重力施加的力使第二发电机模块向上偏置。另一方面,在本发明的该实施方式中,与第一发电机模块相关联的磁体460和在第二发电机模块顶部处的与第二发电机模块200相关联的磁体260使第二发电机模块向下偏置。在本发明的一些实施方式中,磁体可以由弹簧替代,并且/或者磁体不存在于第二发电机模块的顶部处,这是因为在一些实施方式中,重力可以单独地使第二发电机模块向下偏置。

[0139] 另一方面,附加磁体702或703在第二发电机模块400的顶部处附接至第二发电机模块400并且被布置成与附接至第一部分(在这种情况下附接至杆1的挠性部12)的对应磁体700或701相互作用。更具体地,这些磁体700或701布置在附接至挠性部12的框架705,该框架包括多个臂(在图19A和19B所示的实施方式中为三个臂)。在图19A中,球形或部分球形的磁体700被布置成与框架的臂的端部对应。在图19B中示出了替代实施方式,其中,磁体701在沿臂延伸的水平面上具有条状形状。在图17中示意性地示出了具有对应的球形702或条状703形状的磁体如何被布置在第二发电机模块400的顶部处。

[0140] 图17示出了处于中间位置即沿竖直轴100竖直地延伸的挠性部12。文中,附接至框架705的移位磁体700(或701)靠近布置在第二发电机模块400的顶部处的被移位磁体702(或703),从而使第二发电机模块向下偏置。在包括挠性部12的第一部分1的振荡移动期间,移位磁体700/701与被移位磁体702/703之间的距离将周期性地增大以及减小。另一方面,由于磁体220与420(和/或弹簧)之间以及可选地在磁体260和460(和/或弹簧)之间的相互作用并且由于重力,第二发电机模块可以由于其被悬置的方式而上下振荡。在第一部分1的每个振荡周期期间,移位磁体700/701与被移位磁体702/703之间的相互作用重复地向第二发电机模块400提供脉冲,从而将能量从第一部分1传递到第二发电机模块400,第一部分1将开始振荡并继续振荡,由此该振荡相对于线圈50和500使磁体300移位,从而产生电能。

[0141] 已经发现的是,该布置是用于从由涡流产生的第一部分的振荡移动中生成电能的适当选择。此外,所描述的实施方式可以被认为是特别有利的,这是因为在移动部件之间没有摩擦,并且没有需要润滑的滚子轴承。使用例如钛、钢或碳纤维的元件用于物理地互连第一发电机模块和第二发电机模块可以是适当且耐久的解决方案,其允许长期操作而不需要由于磨损而替换部件并且无需任何润滑。可以使第二发电机模块以比第一部分的振荡频率高的频率振荡的事实可以有助于增强由第一部分的振荡表示的能量转换为电能的效率。

[0142] 移位磁体和被移位磁体的所描述的布置也可以被认为是特别有利的,这是因为移位磁体的横向移位可以意味着移位磁体与被移位磁体之间的高斥力的持续时间相当短,由此能量从第一部分到第二发电机模块的传递在短时间内以脉冲式方式进行。第二发电机模块的振荡一方面通过该脉冲即通过从第一部分接收的能量来确定以及另一方面通过第二发电机模块的质量、通过由于从线圈提取电力而发生的阻尼、通过连接构件105的刚度、以及通过由磁体220/420和260/460施加的斥力来确定。

[0143] 另一方面,如上所述,W0-2012/017106-A1提出了随着高度引入霍尔曼指数定律杆直径的增大,根据该霍尔曼指数定律空气的速度随着高度增大。以此方式,可以在杆的所有

部分同步地生成涡流。然而，W0-2012/017106-A1未考虑到空气相对于杆的相对速度的变化是由于杆的所述移动。

[0144] 杆的几何形状应当仔细地设计，使得生成的涡流在其整个长度上同步地起作用，以便防止在某一高度处生成的涡流被在不同高度处生成的涡流完全或部分地抵消。为了使杆的几何形状具有适当或最佳性能，考虑到杆的振荡影响空气与极之间的相对速度，不仅需要考虑到装置的工作区域中的空气速度分布，而且还需要考虑到杆本身的振荡。

[0145] 如上所说明的，在本发明的许多实施方式中，杆包括由弹性杆12支撑或支承的刚性元件11，在本发明的一些实施方式中，弹性杆12可以被认为具有恒定的横截面并且是纵向各向同性的。如果弹性杆12具有恒定的横截面并且是纵向各向同性的，则弹性杆12的自由顶端（即杆的变形不受其嵌入刚性元件的限制的区域的顶端）在其任何径向平面X-Y上的位置A（参见图13A和图13B）可以以下面的方式计算：

$$[0146] \quad \begin{aligned} x &= \frac{L}{\theta} \cdot (1 - \cos(\theta)) \\ y &= \frac{L}{\theta} \cdot \sin(\theta) \end{aligned} \quad e)$$

[0147] 其中，L是杆的可变形区域（即杆的未嵌入基座或刚性部中的部分）的长度，并且 θ 是相对于竖直方向的弯曲角度。

[0148] 图13C和图13D示出了可以如何绘制具有长度l的线段AA'，其中，顶端与弹性杆的自由顶端匹配并且相对于竖直方向具有角度 θ （参见图13D）。A'的位置由以下公式给出：

$$[0149] \quad \begin{aligned} x &= \frac{L}{\theta} \cdot (1 - \cos(\theta)) - l \cdot \sin(\theta) \\ y &= \frac{L}{\theta} \cdot (\sin(\theta)) - l \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \quad f)$$

[0150] 可以观察到的是，对于足够小的弯曲角度 θ 而言，在杆的振荡期间为最小的值的A'的位移的值l表示为 $l \approx \frac{L}{2}$ （参见图14）。考虑到其相对于该点的弯曲的“不动性”，可以在其位置应用冯·卡门（Von Karman）的公式。杆的直径d可以被设置为下述点处即在杆的挠性部的高度的一半处的设计参数，在该点处由振荡产生的点位移是可忽略的： $D\left(\frac{L}{2}\right) = d$

$$[0151] \quad f\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{S \cdot v\left(\frac{L}{2}\right)}{d} \quad g)$$

[0152] 为了能够针对y的任何值推导该公式，可以假设在装置进行工作的雷诺（Reynolds）范围内的任意高度（ $\forall y$ ）处，斯特劳哈尔的值大致恒定并且与当 $y = \frac{L}{2}$ 时采用的值相等。斯特劳哈尔的值可以被设置为涡流出现的频率在任何高度处保持恒定的目标。

$$[0153] \quad f(y) = f = \frac{S \cdot v_r(y)}{D(y)} = \text{constant} \quad h)$$

[0154] 其中， $v_r(y)$ 是空气(i)撞击移动杆的相对速度。该相对速度具有两个分量，一个分

量是空气相对于地面的绝对速度,而另一个分量是相对于杆的由杆的振荡引起的速度。明显地,平均振荡速度将是振荡的最大振幅除以周期(或乘以周期的倒数即频率)的四倍。

$$[0155] \quad v_r(y) = (v^2(y) + (4 \cdot X(y) \cdot f)^2)^{\frac{1}{2}} \quad i)$$

[0156] $X(y)$ 是每个高度 y 处的振荡的振幅。将 $i)$ 代入等式 $h)$ 并且进行平方,获得下述等式:

$$[0157] \quad f^2 = \frac{S^2 \cdot (v^2(y) + 16 \cdot X^2(y) \cdot f^2)}{D(y)^2} \rightarrow f^2 = \frac{S^2 \cdot v^2(y)}{D(y)^2 - 16 \cdot S^2 \cdot X^2(y)} \quad j)$$

[0158] 使 $j)$ 等于 $g)$ 的平方,获得下述等式:

$$[0159] \quad D^2(y) = \frac{d^2 \cdot v^2(y)}{v^2\left(\frac{L}{2}\right)} + 16 \cdot S^2 \cdot X^2(y) \quad k)$$

[0160] 对于总高度 H 和其最高部分中的最大振荡的“标称”振幅的装置而言,在该点 $X(H) = \beta \cdot D(H)$ 处的 β 乘以其直径并且考虑到杆被认为是完全刚性,获得下述等式:

$$[0161] \quad X(y) = \frac{y - \frac{L}{2}}{H - \frac{L}{2}} \cdot \beta \cdot D(H) \rightarrow X(H) = \beta \cdot D(H) \quad l)$$

[0162] 针对 $y=H$ 将 $l)$ 应用于等式 $k)$, 获得下述等式:

$$[0163] \quad D^2(H) = \frac{d^2 \cdot v^2(H)}{v^2\left(\frac{L}{2}\right)} + 16 \cdot S^2 \cdot \beta^2 \cdot D^2(H) \rightarrow D^2(H) = \frac{d^2 \cdot v^2(H)}{v^2\left(\frac{L}{2}\right) \cdot (1 - 16 \cdot S^2 \cdot \beta^2)} \quad m)$$

[0164] 将 $m)$ 与等式 $i)$ 和 $k)$ 组合,获得下述等式:

$$[0165] \quad D^2(y) = \frac{d^2}{v^2\left(\frac{L}{2}\right)} \left[v^2(y) + \frac{16 \cdot S^2 \cdot \beta^2}{(1 - 16 \cdot S^2 \cdot \beta^2)} \cdot \left(\frac{y - \frac{L}{2}}{H - \frac{L}{2}} \right)^2 \cdot v^2(H) \right] \quad n)$$

[0166] 最后,

$$[0167] \quad D(y) = \frac{d}{v\left(\frac{L}{2}\right)} \cdot \left[v^2(y) + \frac{16 \cdot S^2 \cdot \beta^2}{(1 - 16 \cdot S^2 \cdot \beta^2)} \cdot \left(\frac{y - \frac{L}{2}}{H - \frac{L}{2}} \right)^2 \cdot v^2(H) \right]^{\frac{1}{2}} \quad o)$$

[0168] 该表达式描述了考虑到空气速度分布和自身振荡而同步生成并且遍及整个长度涡流的杆的特征尺寸的变化。

[0169] 为了使用 $y = \frac{L}{2}$, $y=H$ 或包括在 0 与 H 之间的任何其他值来计算 $v(y)$, 可以引入尝试使用不同的保真度表示空气的速度与高度的分布的表达式。通常,可以针对中性大气引入赫尔曼指数定律,该构想与针对中性、稳定和不稳定大气等的莫宁-奥布霍夫 (Monin-

Obukhov) 相似理论存在联系。

[0170] 图15示意性地示出了高度为H的杆的直径随着高度的演变,该杆具有较小直径d和该杆的最高部分处的工作振幅 $\beta \cdot D(H)$ 。

[0171] 直径d是用于描述杆的其余部分的直径(或特征尺寸)的演变的数学假想,但杆的刚性元件实际上同样不必物理地存在于高度 $y = \frac{L}{2}$ 处。

[0172] 表述“第一发电机模块”和“第二发电机模块”用于指代负责通过磁体或类似物相对于线圈之间的相对位移将动能转换为电能的组件的不同部分,例如静止部分和可移动部分。术语“模块”的使用不旨在表示发电机的特定模块化特征。

[0173] 在本文中,术语“磁体”通常是指永磁体,但如本领域技术人员容易理解的,如果适当,则也可以使用电磁体。

[0174] 在本文中,词语“包括(comprises)”及其变体(例如“包括(comprising)”等)不应被解释为排他性的,也就是说,它们不排除其他元件、步骤等被包括在本说明书中的可能性。

[0175] 另一方面,本发明不限于已经描述的具体实施方式,而在遵照权利要求的内容的情况下,本发明还包括例如可以由本领域普通技术人员(例如,考虑材料、尺寸、部件、配置等的选择)实施的变体。

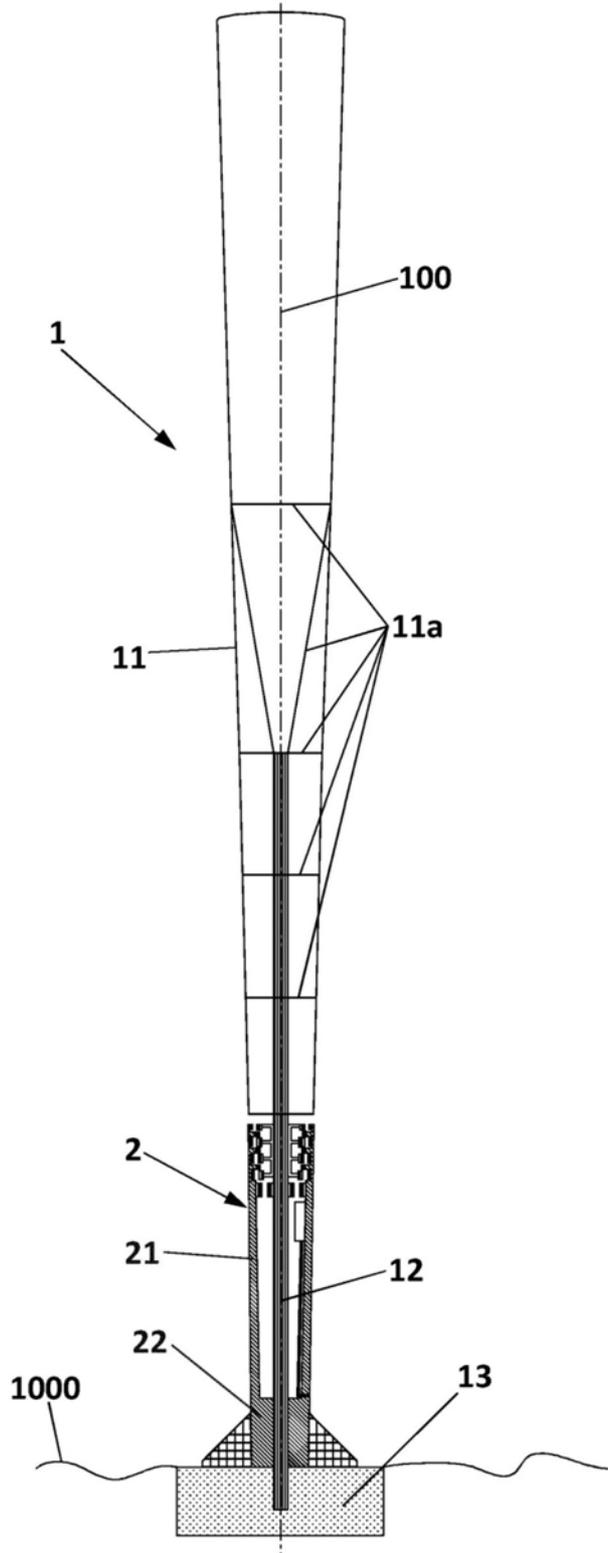


图1

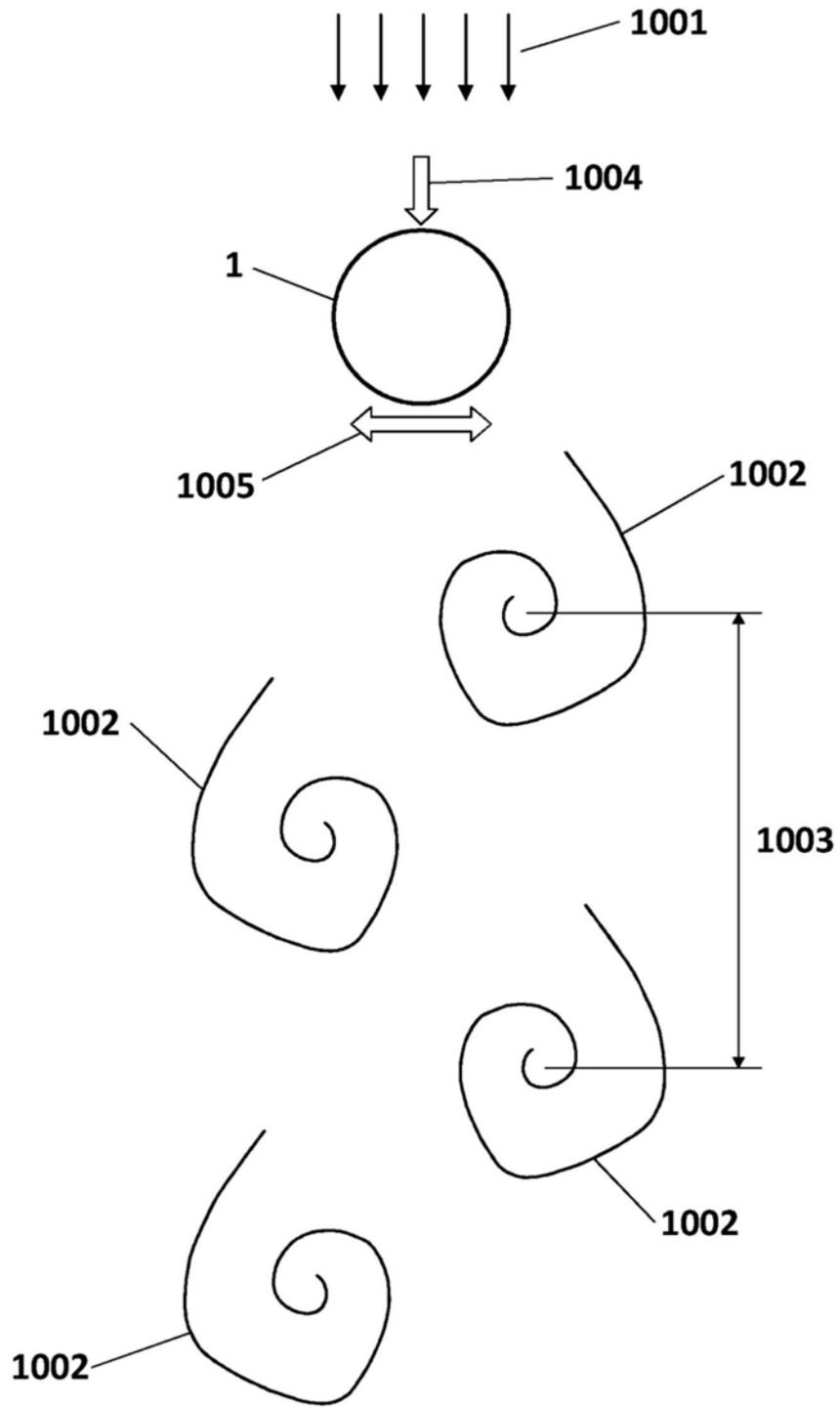


图2

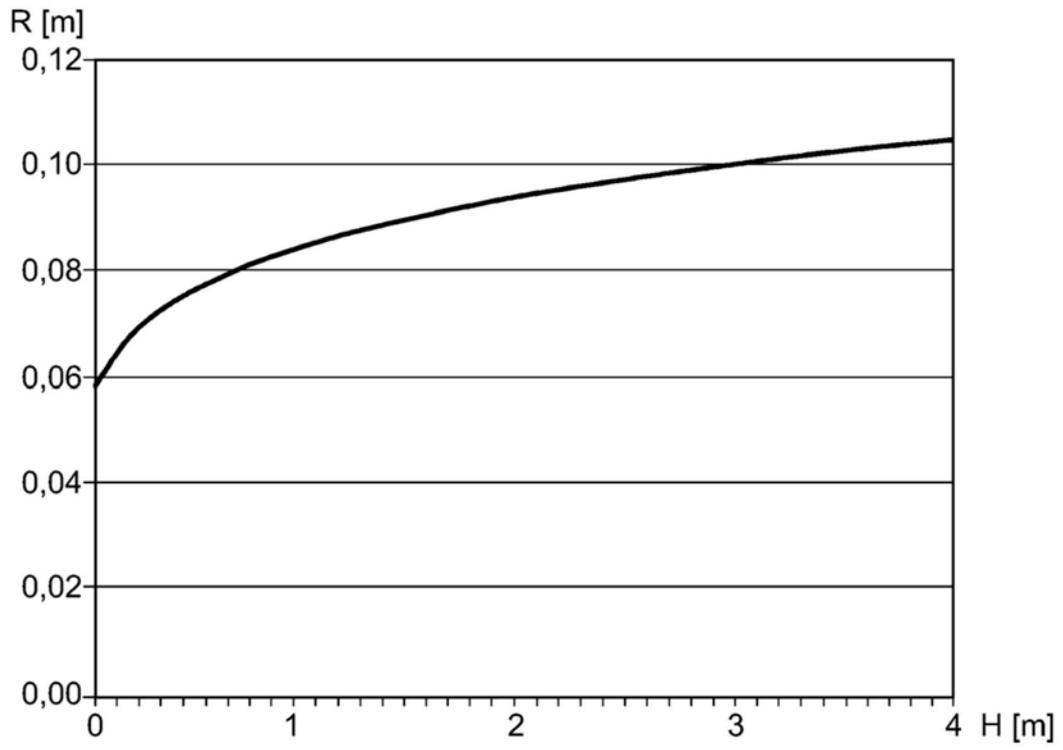


图3

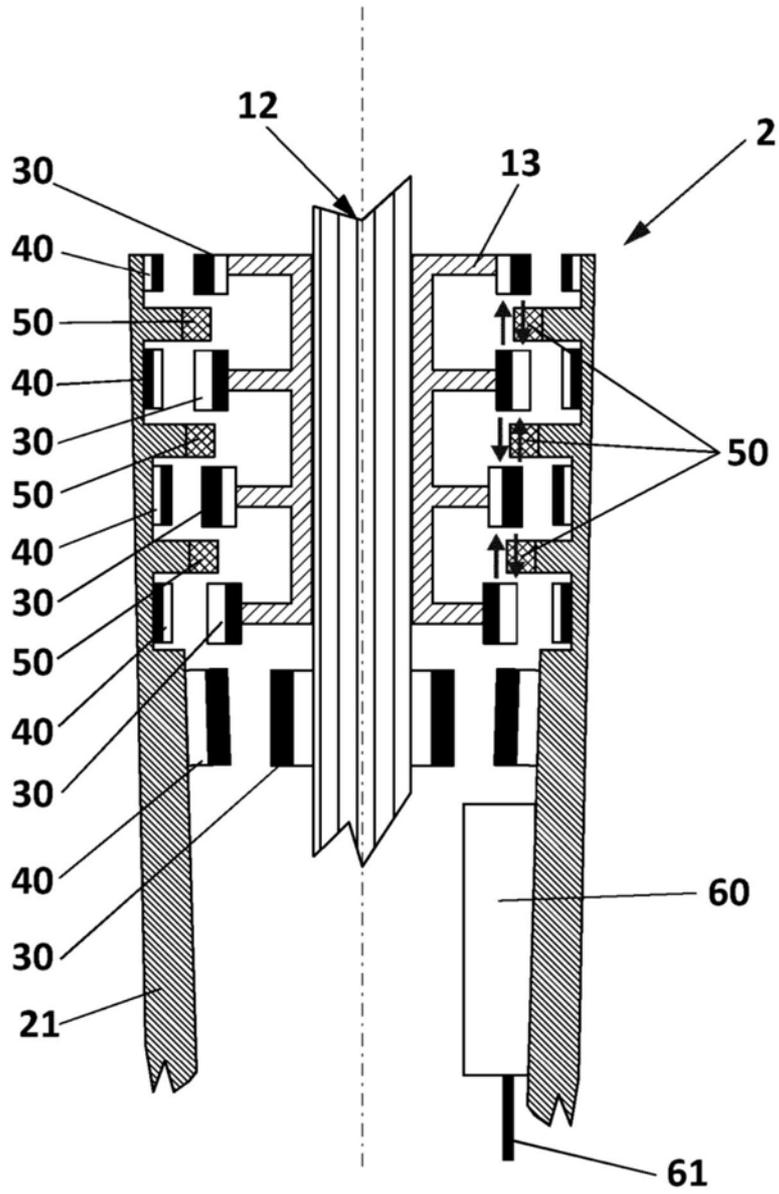


图4

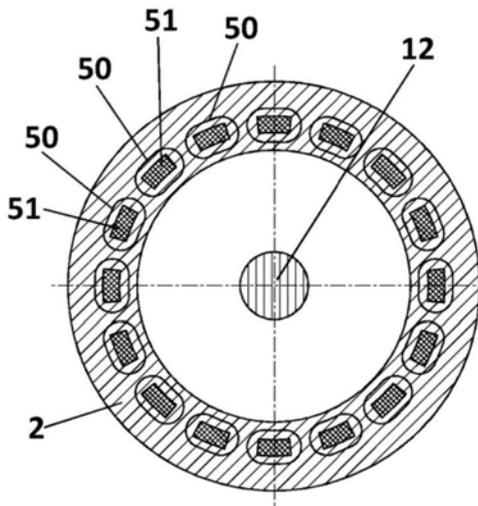


图5

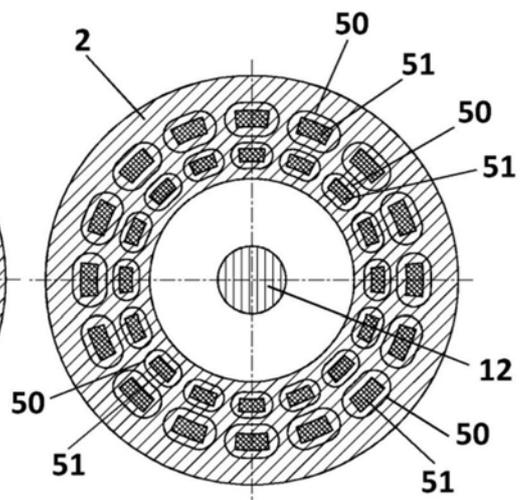


图6

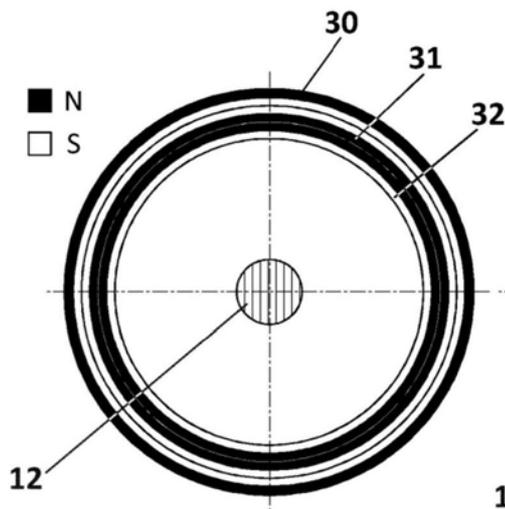


图7

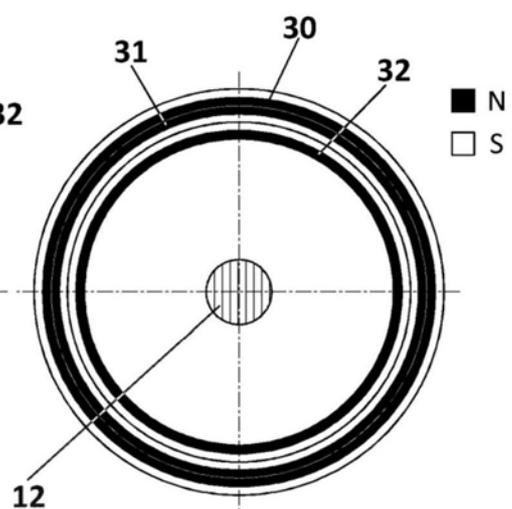


图8

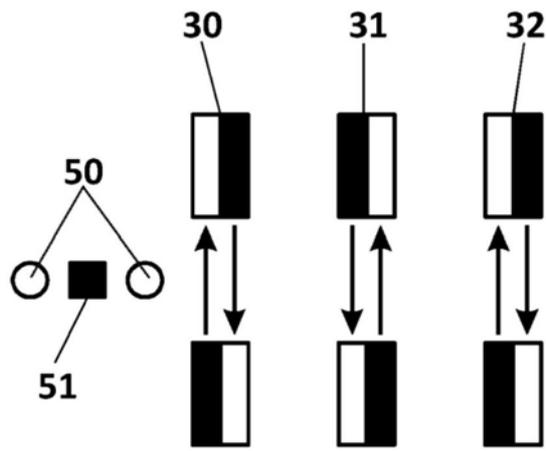


图9

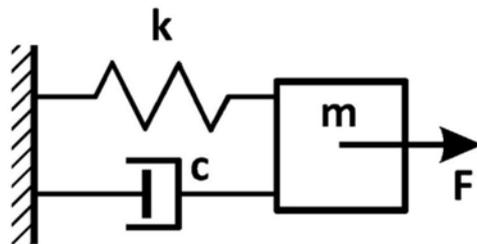


图10A

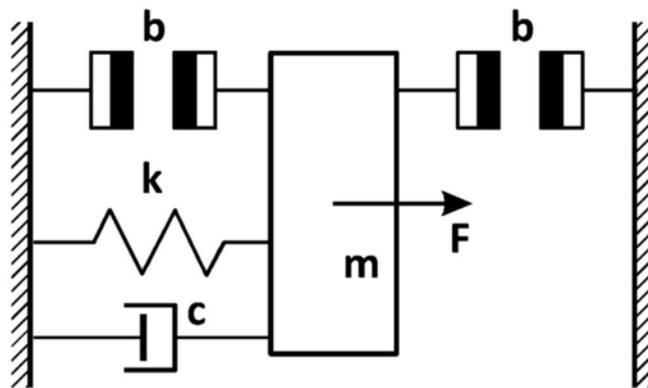


图10B

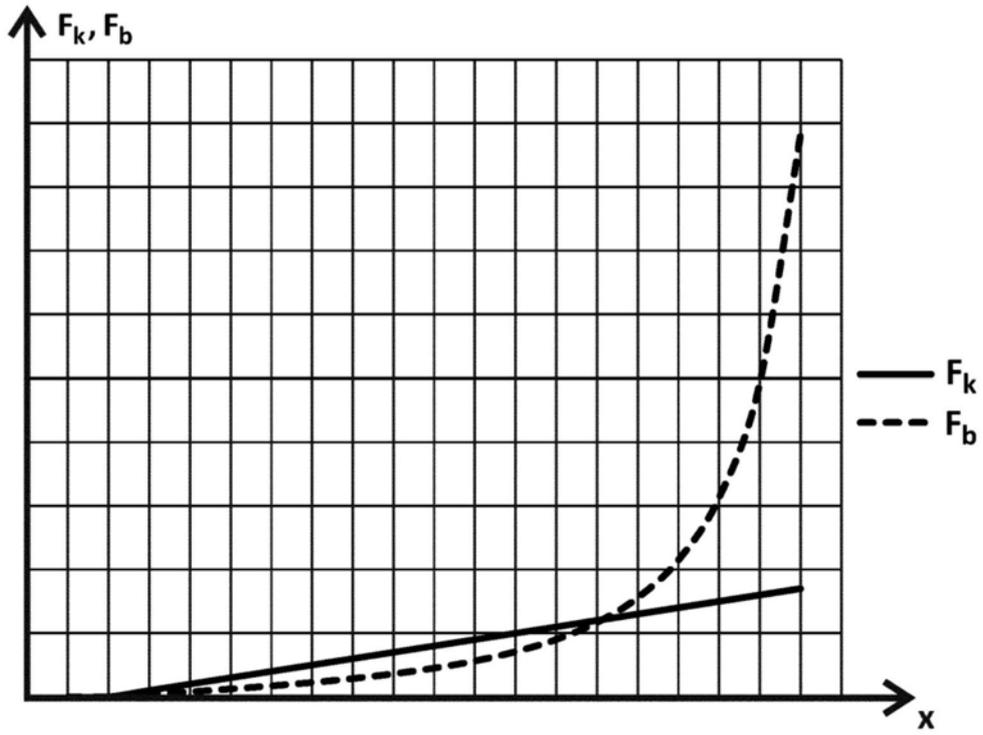


图11

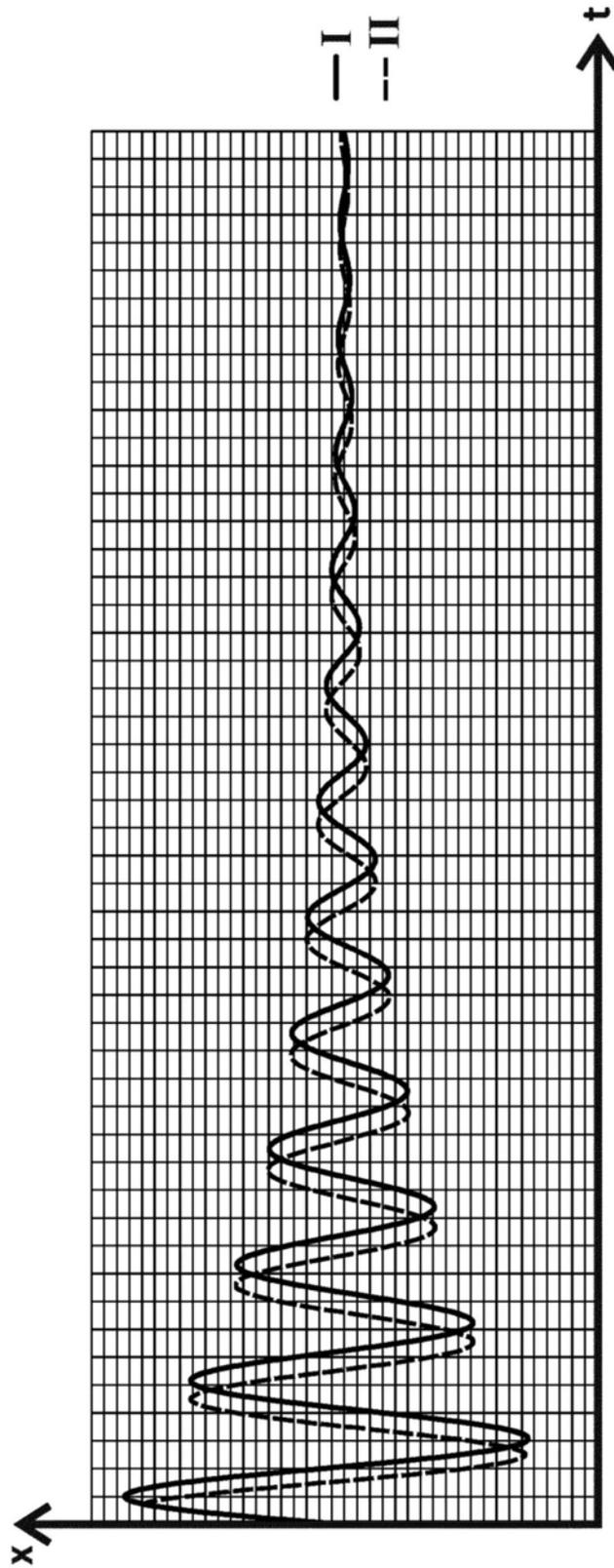


图12

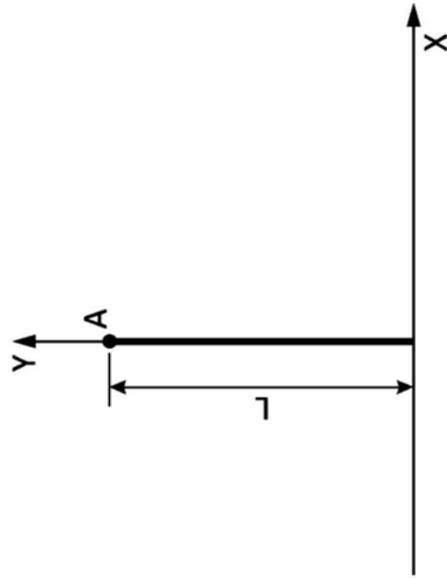


图13A

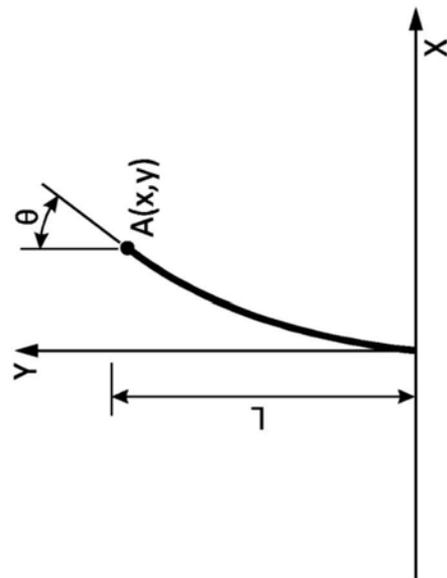


图13B

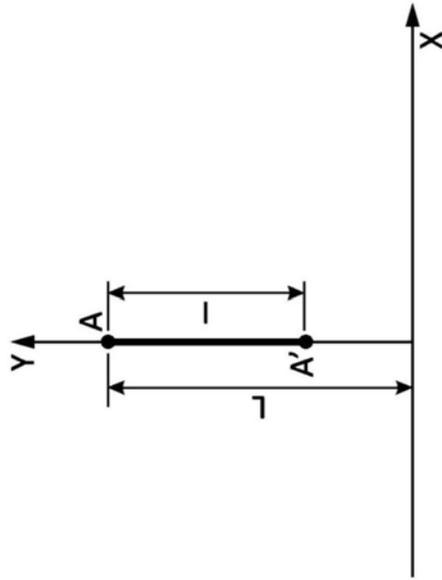


图13C

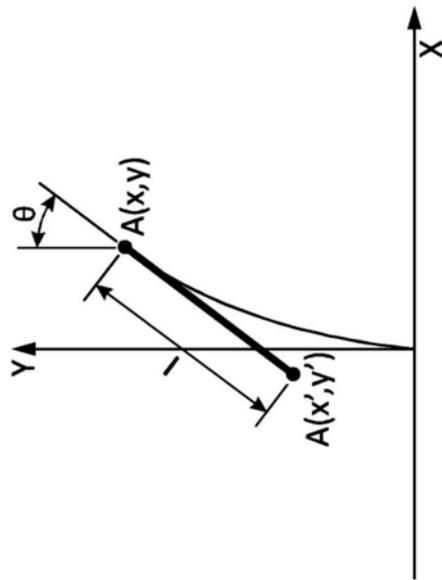


图13D

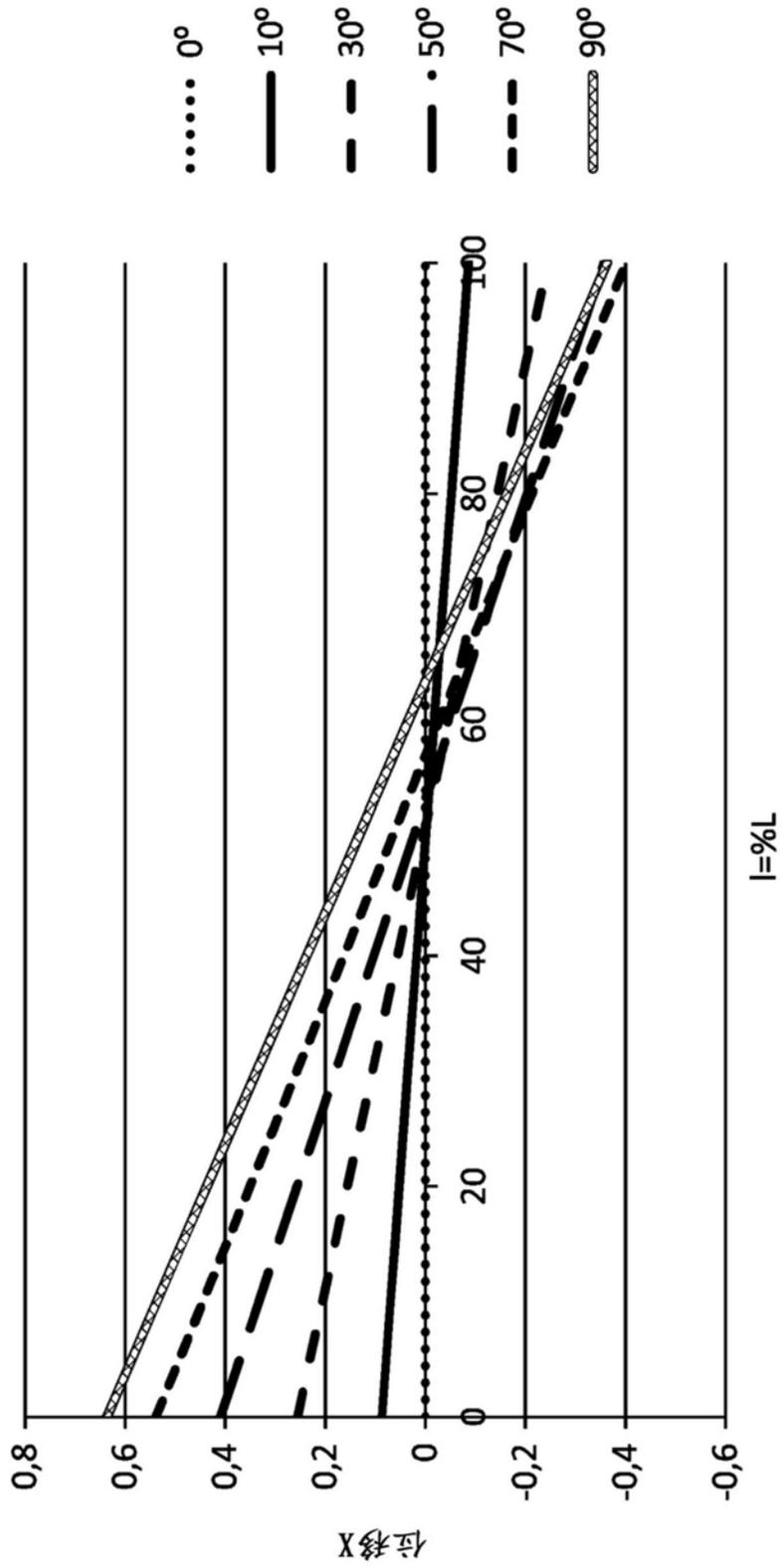


图14

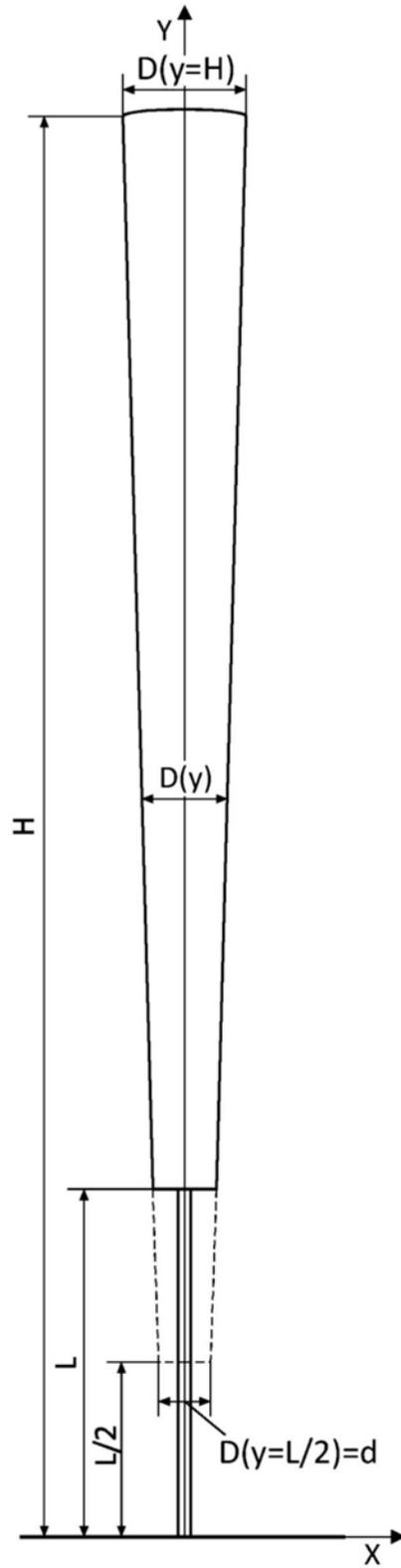


图15

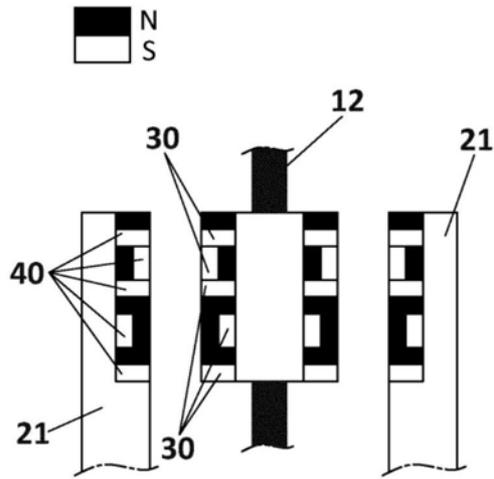


图16A

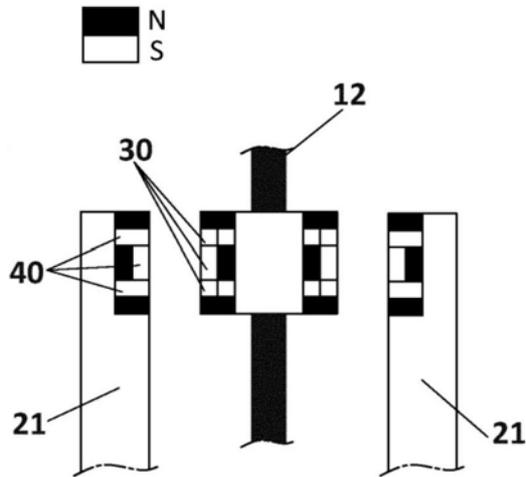


图16B

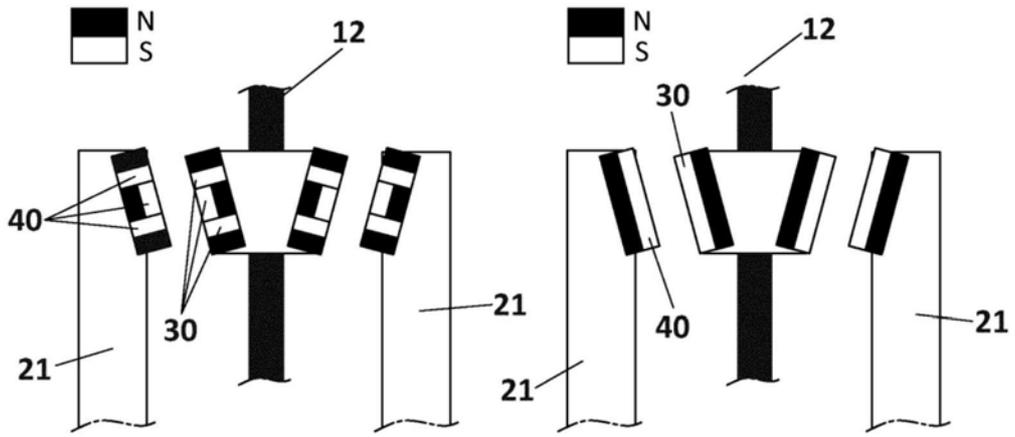


图16C

图16D

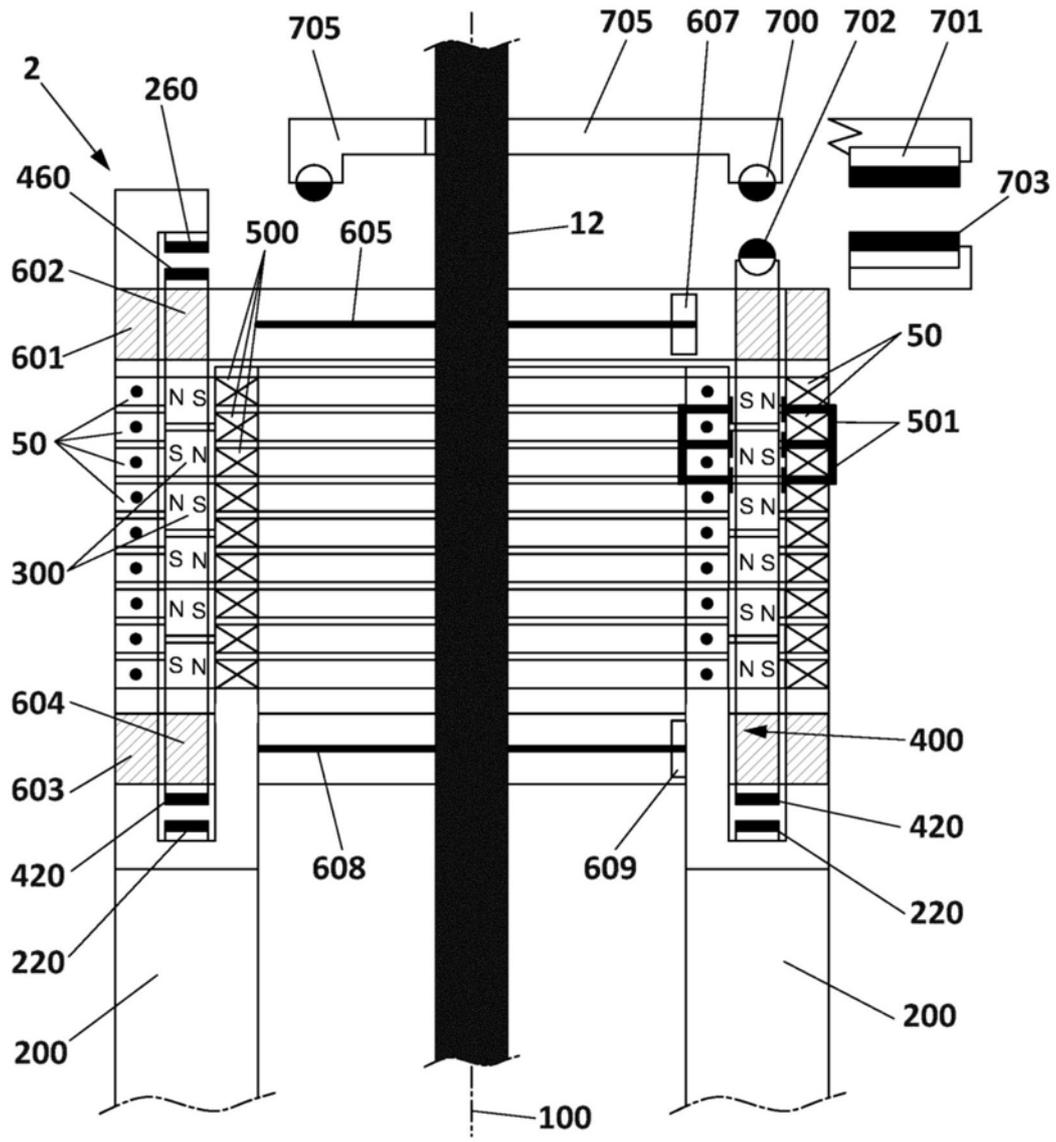


图17

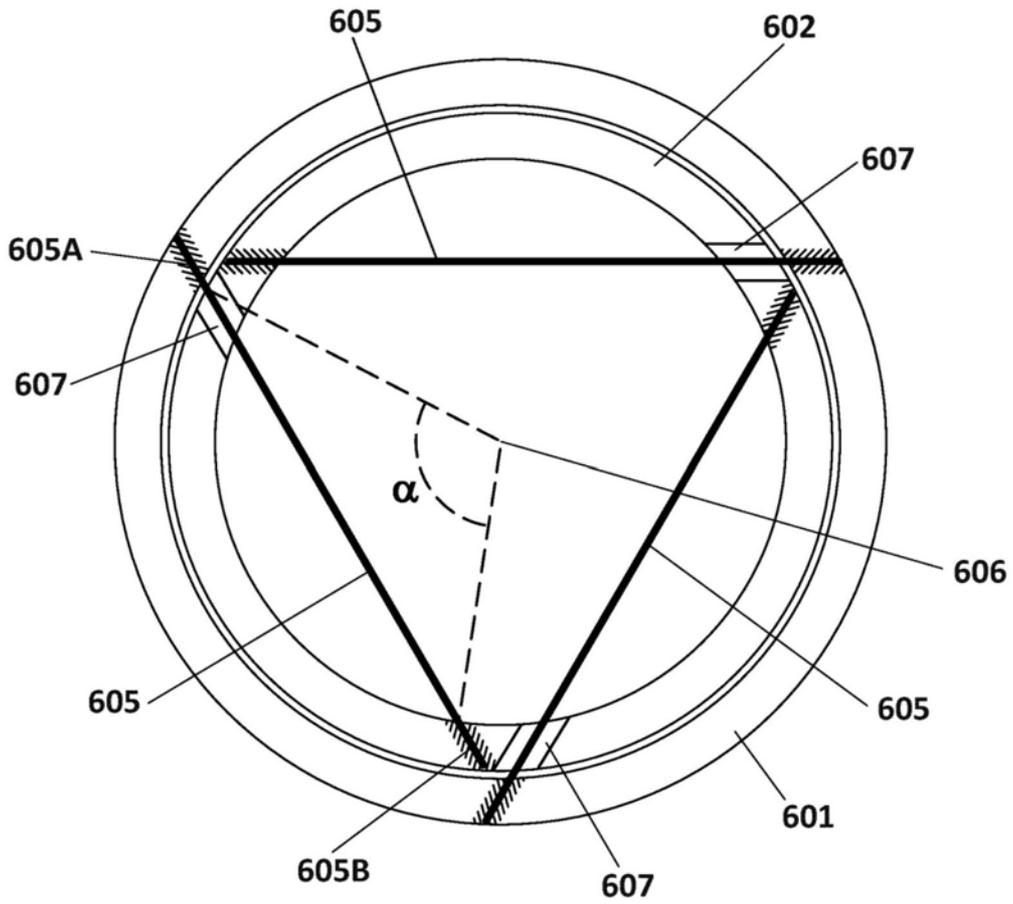


图18

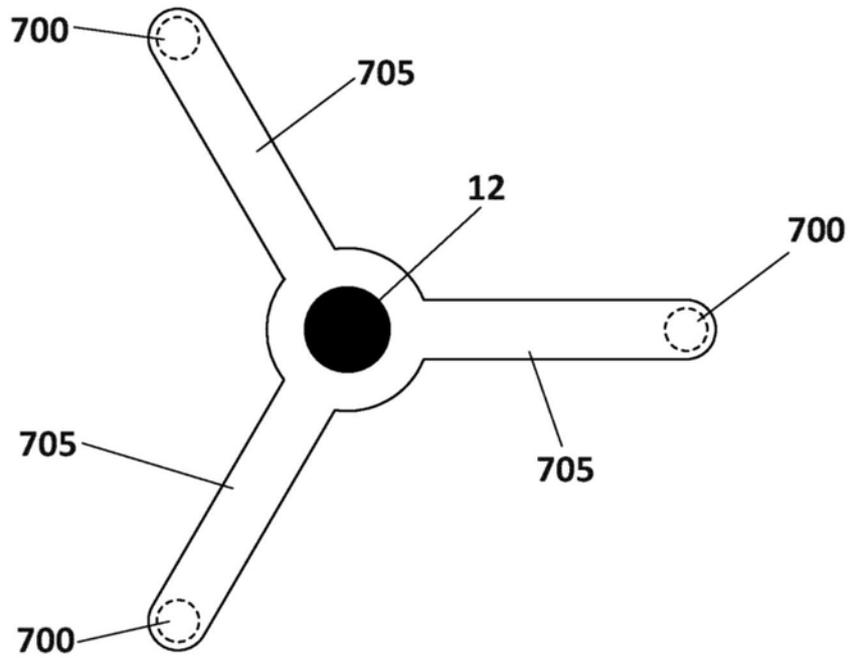


图19A

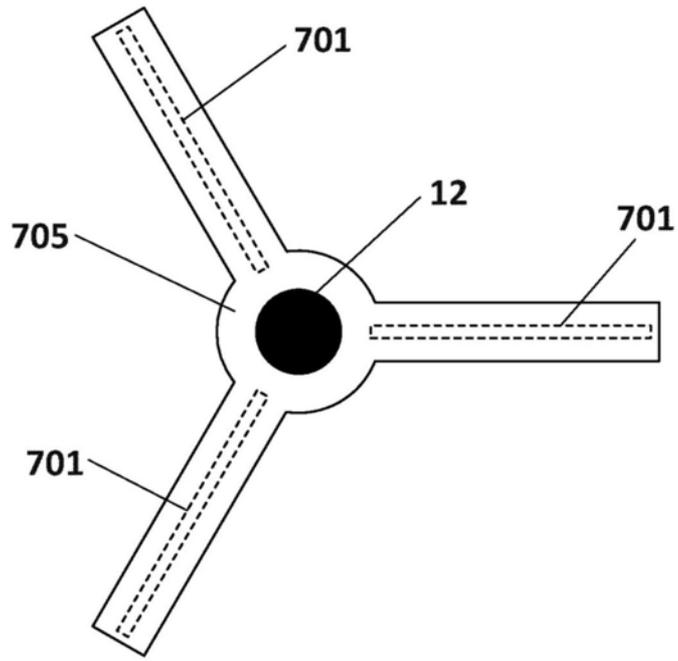


图19B