



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103314212 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201180064151. 8
 (22) 申请日 2011. 11. 04
 (30) 优先权数据
 2010-248511 2010. 11. 05 JP
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2013. 07. 04
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/JP2011/006177 2011. 11. 04
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02012/060108 JA 2012. 05. 10
 (73) 专利权人 国立研究开发法人海上技术安全
 研究所
 地址 日本东京都
 (72) 发明人 井上俊司
 (74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限
 公司 11322
 代理人 龙淳

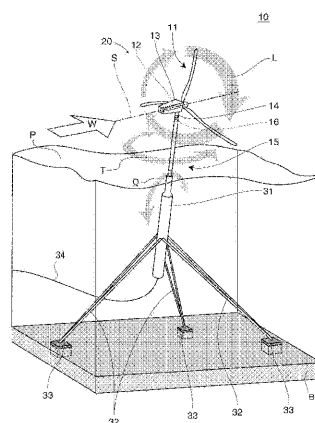
(51) Int. Cl.
F03D 7/04(2006. 01)
F03D 9/00(2006. 01)
F03D 11/04(2006. 01)
 (56) 对比文件
 EP 1348867 A1, 2003. 10. 01, 全文.
 CN 1284928 C, 2006. 11. 15, 全文.
 CN 101193792 A, 2008. 06. 04, 全文.
 JP 特开 2010 - 216273 A, 2010. 09. 30, 全
 文.
 CN 201209520 Y, 2009. 03. 18, 全文.
 JP 特开 2009-248792 A, 2009. 10. 29, 全文.
 审查员 朱钰荣

权利要求书1页 说明书11页 附图15页

(54) 发明名称
 浮体式海上风力发电设备

(57) 摘要

提供风力发电设备的转动摇摆抑制装置和浮体式海上风力发电设备,能够抑制成为对风力发电设备的发电效率和设备的耐久性造成不良影响的原因的陀螺效应所引起的机舱的转动摇摆。浮体式海上风力发电设备(10)具备:借助风进行旋转的风轮(11);收纳风轮(11)的旋转轴(12)的机舱(13);和具有塔架(15),该塔架(15)将机舱(13)支承为能够相对于海面(P)转动自如而发挥风向标效应且具有转动座轴承(14),在浮体式海上风力发电设备(10)中,在塔架(15)设置有用以对机舱(13)的转动摇摆(T)进行抑制的摇摆抑制单元(16),因此能够抑制浮体(31)受到海面(P)的波浪而产生的在产生的摇摆(Ω)引起的陀螺效应所导致的机舱(13)的转动摇摆(T)。



1. 一种浮体式海上风力发电设备,其在海上使用浮体作为结构体的一部分进行发电,所述浮体式海上风力发电设备的特征在于:

所述浮体式海上风力发电设备具备:借助风进行旋转的风轮;至少容纳所述风轮的旋转轴的机舱;具有转动单元的所述结构体,所述转动单元将所述机舱支承为能够相对于水面转动自如;和抑制所述机舱相对于水面的转动摇摆的摇摆抑制单元,

所述浮体式海上风力发电设备使用流体力学式阻尼器作为所述摇摆抑制单元,所述流体力学式阻尼器通过所述结构体的形状或结构与周围的流体的相互干涉来抑制转动摇摆。

2. 如权利要求 1 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述机舱相对于所述风轮被设置在上风侧。

3. 如权利要求 2 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述风轮被赋予锥角。

4. 如权利要求 1 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述浮体式海上风力发电设备还具备液压阻尼器作为所述摇摆抑制单元。

5. 如权利要求 1 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述浮体式海上风力发电设备还具备摩擦阻尼器作为所述摇摆抑制单元。

6. 如权利要求 1 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述浮体式海上风力发电设备用系泊索系泊所述浮体。

7. 如权利要求 6 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

所述浮体形成为大致圆筒形状,

所述系泊方式为:使用由两条系泊索构成的系泊索对,在将所述浮体投影于水平面时,所述两条系泊索各自的一端与所述大致圆筒形状的圆的圆周上的两点连接,

所述两条系泊索呈分别成为所述圆的大致切线的形状,并且呈向同一侧延伸的形态。

8. 如权利要求 1 所述的浮体式海上风力发电设备,其特征在于:

以使未接受到风的状态下的所述风轮的所述旋转轴相对于水平面具有预定角的方式将所述机舱支承于所述结构体,使得接受到风而倾斜的状态下的所述风轮的所述旋转轴与风向平行。

浮体式海上风力发电设备

技术领域

[0001] 本发明涉及能够有效抑制用于收纳风轮的转轴的机舱(nacelle)的转动摇摆(艏摇旋转、偏摇旋转)和浮体的转动摇摆的浮体式海上风力发电设备。

背景技术

[0002] 一直以来,在风力发电设备中,为了对应于风向的变化而使风车的朝向改变,使用与风向传感器组合的能动式控制装置。例如采用有如下的结构,根据风向传感器的测定结果通过动力装置使风车转动,将风车保持在与风向一致的位置。另外,作为用于使风力发电设备整体的系统的简化的对策,可以省略能动式的控制装置。在省略能动式的控制装置的情况下,将风车的风轮的旋转轴支承为在水平面上能够自由转动的状态,通过风向标效应使风车的朝向发生变化,由此能够应对风向的变化。

[0003] 风力发电设备通过风轮接受到风而旋转来发电。并且,对风轮的旋转着的自转轴施加垂直方向的力矩时,由于所谓的陀螺效应(gyroscopic effect),在与该力矩的方向和风轮的自转轴的双方正交的方向产生陀螺力矩。例如,在浮于水上的浮体上设置的浮体式海上风力发电设备中,因波浪的影响而产生铅直方向的力矩。因此,由于陀螺效应,在与风轮的旋转的自转轴正交的水平方向产生陀螺力矩。

[0004] 在具备能动式控制装置的浮体式海上风力发电设备中,在与风向一致的位置,机舱被保持于浮体。因此,由于在收纳风车的风轮的旋转轴的机舱所产生的陀螺效应引起的陀螺力矩,使得以铅直轴为旋转轴的浮体发生旋转运动。在此,波浪的运动为反复运动,因此浮体与机舱一起进行反复运动(转动摇摆)。

[0005] 另外,在省略了能动式控制装置的浮体式海上风力发电设备中,风车的风轮的旋转轴被支承为相对于浮体能够自由转动的状态。因此,由于在机舱所发生的陀螺效应引起的陀螺力矩,产生机舱的转动摇摆。

[0006] 发明人发现,因该陀螺效应引起的力矩,成为对浮体式海上风力发电设备的发电效率和设备耐久性产生不良影响的原因。

[0007] 以防止在风力发电装置中产生的振动为目的,提出了采用各种结构的方案(专利文献1~3)。

[0008] 在专利文献1中记载有如下的风力发电装置:作为机舱的能动式控制装置,在塔架的上端部具备使被支承为在水平方向能够转动的平台旋转的旋转驱动源和旋转方向的固定单元。而且记载有如下结构:在该风力发电装置中,以抑制因叶片的共振和共振风速而在塔架等产生的振动为目的,设置有控振装置。

[0009] 在专利文献2中记载有如下结构:在风力机中,以使风轮的叶片边缘部方向的摇摆作用衰减为目的,在机舱配置有摇摆作用衰减单元。

[0010] 在专利文献3中记载有如下结构:在风力发电机中,以防止经由增速齿轮箱向机舱框架传递的振动和防止从机舱框架向增速齿轮箱传递的振动为目的,在增速齿轮箱与机舱框架之间设置有防振阻尼器。

- [0011] 现有技术文献
- [0012] 专利文献
- [0013] 专利文献 1 :日本特开 2003-176774 号公报
- [0014] 专利文献 2 :日本特表 2002-517660 号公报
- [0015] 专利文献 3 :日本特表 2008-546948 号公报

发明内容

[0016] 发明要解决的课题

[0017] 这样,在风力发电设备中,一直以来,因风轮等的旋转自身产生的振动成为问题,但是不存在着眼于由于陀螺效应引起导致的陀螺力矩产生的机舱的摇摆的装置。因此,在这些专利文献记载的风力发电装置中使用的振动抑制单元,无法防止在浮体式海上风力发电设备受到波浪的影响时,由于陀螺效应引起的陀螺力矩而产生的机舱和浮体的转动摇摆。

[0018] 因此,本发明的目的在于,提供一种浮体式海上风力发电设备,能够防止由于陀螺效应引起的陀螺力矩而产生的机舱和浮体的转动摇摆,从而抑制对于风力发电设备的发电效率和设备的耐久性的不良影响。

[0019] 用于解决课题的方法

[0020] 第一方面记载的浮体式海上风力发电设备在海上使用浮体作为结构体的一部分进行发电,所述浮体式海上风力发电设备的特征在于,所述浮体式海上风力发电设备具备:借助风进行旋转的风轮;至少收纳上述风轮的旋转轴的机舱;具有转动单元的上述结构体,上述转动单元将上述机舱支承为能够相对于水面转动自如;和抑制上述机舱的相对于水面的转动摇摆的摇摆抑制单元,所述浮体式海上风力发电设备使用流体力学式阻尼器作为上述摇摆抑制单元,所述流体力学式阻尼器通过上述结构体的形状或构造与周围的流体的相互干涉来抑制转动摇摆。

[0021] 根据该结构,能够通过摇摆抑制单元抑制因陀螺效应引起的机舱的转动摇摆。另外,通过摇摆抑制单元,能够抑制海上的浮体的纵摇引起的陀螺效应所导致的机舱的转动摇摆。

[0022] 根据使用了该流体力学式阻尼器的结构,能够通过水中的流体力学式阻尼器对水的阻力,随着机舱或浮体的转动速度,改变对转动的阻力,从而抑制转动摇摆。

[0023] 本发明的第二方面的特征在于,在第一方面记载的浮体式海上风力发电设备中,上述机舱相对于上述风轮设置于上风侧。

[0024] 根据该结构,能够通过所谓的风向标效应使机舱相对于水面转动,使旋转轴的朝向与风向一致。

[0025] 本发明的第三方面的特征在于,在第二方面记载的浮体式海上风力发电设备中,上述风轮被赋予锥角(锥度角, coning angle)。

[0026] 根据该结构,能够进一步提高所谓的风向标效应。

[0027] 本发明的第四方面的特征在于,在第一方面记载的浮体式海上风力发电设备中,还具备液压阻尼器作为上述摇摆抑制单元。

[0028] 本发明的第五方面的特征在于,在第一方面记载的浮体式海上风力发电设备中,

还具备摩擦阻尼器作为上述摇摆抑制单元。

[0029] 通过使用液压阻尼器或摩擦阻尼器作为振动抑制单元,能够根据机舱的转动的速度改变用于抑制机舱的转动的阻力。

[0030] 本发明的第六方面的特征在于:在第一方面记载的浮体式海上风力发电设备中,用系泊索系泊上述浮体。

[0031] 本发明的第七方面的特征在于:在第六方面记载的浮体式海上风力发电设备中,上述浮体形成为大致圆筒形状,使上述系泊方式为:使用由两条系泊索构成的系泊索对,在将上述浮体投影于水平面时,该两条系泊索的各自的一端与上述大致圆筒形状的圆的圆周上的两点连接,上述两条系泊索呈分别成为上述圆的大致切线的形状,并且呈向同一侧延伸的形态。

[0032] 根据该结构,能够抑制浮体的绕圆筒中心轴的旋转。

[0033] 本发明的第八方面的特征在于,在第一方面记载的浮体式海上风力发电设备中,以使未接受到风的状态下的风轮的旋转轴相对于水平面具有预定角的方式将机舱支承于所述结构体,使得接受到风而倾斜的状态下的风轮的旋转轴与风向平行。

[0034] 根据该结构,能够考虑在风轮接受到风时风力发电设备倾斜的情况而设定预定角,所以能够在发电时使风轮的旋转轴与风向平行。此外,在此“接受到风而倾斜的状态”是指风轮在设置风力发电设备的场所受到设想的典型的风速的风而倾斜的状态。另外,作为典型的风速,例如能够举例为年平均风速或发电效率为最大的风速等。

[0035] 发明的效果

[0036] 本发明的浮体式海上风力发电设备,能够通过摇摆抑制单元抑制因陀螺效应引起的转动摇摆,因此能够抑制转动摇摆对风力发电设备的发电效率和设备的耐久性的不良影响。

[0037] 另外,若采用相对于风轮将机舱设置在上风侧的结构或对风轮赋予锥角的结构,则能够通过所谓的风向标效应使机舱转动而使风轮的旋转轴与风向一致,使风轮正对风向,所以能够提高风力发电设备的发电效率。另外,能够抑制转动摇摆,降低摇摆抑制单元的负荷。

[0038] 另外,若采用使用液压阻尼器或摩擦阻尼器作为摇摆抑制单元的结构,则能够根据机舱的转动速度使摇摆控制单元的阻力变化,所以能够不对通过风向标效应实现的速度慢的机舱的转动进行抑制,而对因陀螺效应引起的速度快的机舱的转动摇摆进行抑制。

[0039] 另外,若采用使用了通过与周围的流体的相互干涉来抑制转动摇摆的流体力学式阻尼器的结构,则能够根据机舱的转动速度而使阻力变化,所以能够抑制由于陀螺效应而在机舱或浮体所产生的转动摇摆,另外能够抑制浮体的纵摇摇摆,提高发电效率和设备的耐久性。

[0040] 本发明的浮体式海上风力发电设备,具备摇摆抑制单元,因此能够通过抑制因陀螺效应引起的机舱的转动摇摆来提高发电效率和设备的耐久性。另外,能够抑制由陀螺效应的反作用引起的浮体的纵摇摇摆。

[0041] 另外,若采用以抑制浮体的绕中心轴旋转的旋转运动的系泊方式系泊浮体的结构,则能够有效地抑制因陀螺效应引起的机舱的转动摇摆和浮体的纵摇摇摆,能够提高发电效率和设备的耐久性。

[0042] 另外,若采用在未接受到风的状态下的风轮的旋转轴和水平面之间具有预定角的结构,则能够在发电时使风轮的旋转轴的朝向与风向大致平行而大致一致,所以能够使风轮的旋转面相对于风向呈大致直角,提高发电效率。

附图说明

[0043] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的浮体式海上风力发电设备的概略结构的立体图。

[0044] 图 2 是表示本发明的第一实施方式的风力发电设备的转动摇摆抑制装置的构造的主要部分侧视图。

[0045] 图 3 是表示海上的风向的变化与由于波浪的影响导致的水上的浮体的摇摆角度之间的关系,图 3 (a) 是表示风向的变化的图表,图 3 (b) 是表示摇摆角度的变化的图表。

[0046] 图 4A 是表示液压阻尼器的概略结构的立体图。

[0047] 图 4B 是表示液压阻尼器的概略结构的主视图。

[0048] 图 4C 是图 4B 的 AA 方向剖视图。

[0049] 图 5A 是表示摩擦阻尼器的概略结构的立体图。

[0050] 图 5B 是表示摩擦阻尼器的概略结构的主视图。

[0051] 图 6A 是表示本发明的第一实施方式的浮体的系泊装置的结构俯视图。

[0052] 图 6B 是表示本发明的第一实施方式的浮体的系泊装置的结构侧视图。

[0053] 图 7 是表示本发明的第一实施方式中的一个系泊索对的结构图。

[0054] 图 8A 是表示现有技术中的张紧系泊方式的结构俯视图。

[0055] 图 8B 是表示现有技术中的张紧系泊方式的结构侧视图。

[0056] 图 9 是表示本发明的第二实施方式的风力发电设备的转动摇摆抑制装置的构造的主要部分侧视图。

[0057] 图 10A 是表示本发明的第二实施方式的浮体式海上风力发电设备具备的转动摇摆抑制装置处于接受到风的状态的概略结构的侧视图。

[0058] 图 10B 是表示本发明的第二实施方式的浮体式海上风力发电设备具备的转动摇摆抑制装置处于未接受到风的状态的概略结构的侧视图。

[0059] 图 11 是表示本发明的第三实施方式的浮体式海上风力发电设备的概略结构的立体图。

[0060] 图 12 是表示本发明的第三实施方式的浮体式海上风力发电设备的其他例子的概略结构的立体图。

[0061] 图 13 是表示本发明的第四实施方式的浮体式海上风力发电设备的概略结构的立体图。

[0062] 符号说明

[0063] 10、40、50、60 浮体式海上风力发电设备

[0064] 11 风轮

[0065] 12 旋转轴

[0066] 13 机舱

[0067] 14 转动座轴承(转动单元)

- [0068] 15 塔架(结构体)
- [0069] 16 摇摆抑制单元
- [0070] 160 液压阻尼器
- [0071] 165 摩擦阻尼器
- [0072] 20、30 转动摇摆抑制装置
- [0073] 31 浮体
- [0074] 32 系泊索
- [0075] 41 结构体
- [0076] 42 转动单元
- [0077] 44、64 流体力学式阻尼器
- [0078] 51A 结构体上部
- [0079] 51B 结构体下部
- [0080] α 锥角
- [0081] β 预定角

具体实施方式

[0082] (第一实施方式)

[0083] 以下参考图 1~图 8 对本发明的第一实施方式进行说明。在本实施方式中,对本发明作为浮体式海上风力发电设备进行实施的情况进行说明。

[0084] 图 1 是表示本实施方式浮体式海上风力发电设备 10 的概略结构的立体图。如该图所示,浮体式海上风力发电设备 10 是将设置有转动摇摆抑制装置 20 的浮体 31 经由系泊索 32 系泊于海底 B 的锚 33 的设备。此外,从浮体 31 的下方引出的线表示送电线 34。参照图 2 对本实施方式的浮体式海上风力发电设备 10 所具备的转动摇摆抑制装置 20 的构造进行说明。

[0085] 图 2 是表示本实施方式的浮体式海上风力发电设备 10 的转动摇摆抑制装置 20 的构造的主要部分侧视图。如该图所示,转动摇摆抑制装置 20 构成为具备:借助风进行旋转的风轮 11;收纳风轮 11 的旋转轴 12 的机舱 13;具有转动座轴承(转动单元)14 的塔架(结构体)15 该转动座轴承 14 的塔架 15 将机舱 13 支承为相对于水面或地面转动自如;和抑制机舱 13 的相对于水面的转动摇摆的摇摆抑制单元 16。

[0086] 风轮 11 包括呈放射状设置有多片叶片 18 的轮毂 17、和与轮毂 17 连接的旋转轴 12。旋转轴 12 以能够旋转的方式轴支承于机舱 13 内。通过风轮 11 接受到风使旋转轴 12 旋转,从而通过设置在机舱 13 内的发电机(未图示)进行发电。图 2 中的空白箭头 W 表示风向。本实施方式的转动摇摆抑制装置 20 中,风轮 11 与机舱 13 相比设置在下风侧。由此,通过设置于转动座轴承 14 的机舱 13 的转动,能够有效地产生使旋转轴 12 的朝向与风向一致的所谓风向标效应。

[0087] 机舱 13 将接受到风 W 而旋转的旋转轴 12 收纳在其内部。另外,虽然未图示,但还具备使旋转轴 12 的旋转速度增加并传递至发电机的齿轮箱等的风力发电机所具备的用于发电的单元。并且,通过设置在塔架 15 的上部的转动座轴承 14,将机舱 13 支承为在与海面 P 平行的方向上转动自如。由此,通过机舱 13 的转动,能够根据风向 W 的变化而使旋转

轴 12 的方向变化,使风轮 11 的叶片 18 的旋转面与风正对。

[0088] 摇摆抑制单元 16 是用于在风轮 11 旋转时抑制由波浪施加铅直方向的力时因陀螺效应产生的机舱 13 的转动摇摆的单元。着眼于该陀螺效应引起的机舱 13 的转动摇摆,而设置摇摆抑制单元 16。通过该摇摆抑制单元 16 能够对机舱 13 的转动摇摆进行抑制,因此能够提高浮体式海上风力发电设备 10 的发电效率和设备的耐久性。

[0089] 此外,在本实施方式中,虽然在塔架 15 设置有摇摆抑制单元 16,但也可以在机舱 13 侧设置摇摆抑制单元 16。

[0090] 此外,不是在转动摇摆抑制装置 10 而是在陆地风力发电装置设置转动摇摆抑制装置 20 的情况下,通过转动座轴承 14 将机舱 13 支承为相对于地面转动自如。而且,无论在由于任何理由而施加有铅直方向的力矩的情况下,能够利用摇摆抑制单元 16 对机舱 13 的转动摇摆进行抑制。另外,上述风向标效应,对于减轻摇摆抑制单元 16 的负荷也是有帮助的。

[0091] 下面,参照图 1 和图 3 对于在海上浮体式海上风力发电设备 10 的机舱 13 发生陀螺效应引起的转动摇摆的单元进行说明。正在自转的物体在与自转轴正交的方向进行旋转运动时,在与各自正交的方向作用力矩。将该力矩称作陀螺力矩。该陀螺力矩产生的效应被称为陀螺效应。

[0092] $\Omega \times L = T$

[0093] Ω :摇动自转轴的旋转速度

[0094] L :自转轴角动量

[0095] T :陀螺力矩

[0096] 在风轮 11 进行旋转运动 L 的情况下,由于海面 P 的波浪,浮体 31 发生伴随恢复力的运动的纵摇(pitching)摇摆 Ω 时,风轮 11 在与自转轴 S 正交的铅直方向进行旋转运动。由此,在与风轮 11 的自转轴 S 和铅直方向双方正交的水平方向作用有陀螺力矩。在浮体式海上风力发电设备 10 中,机舱 13 借助转动座轴承 14 能够转动自如,因此通过该陀螺力矩,机舱 13 在图 1 中 T 所示的方向产生转动。

[0097] 图 3 表示海上的风向的变化与由波浪的影响导致的水上浮体的摇摆角度之间的关系,(a)是表示风向的变化的图表,(b)是表示摇摆角度的变化的图表。(a)的图表中虚线所围的部分和(b)的图表都表示 1 小时中的变化。通过比较图 3 (a)和(b)的图表,可知风向的变化是经过长时间而产生的,而波浪的影响导致的摇摆角的变化在短时间内产生。即,伴随风向的变化的机舱 13 的转动的速度较慢,由波浪的影响等引起的陀螺效应导致的机舱 13 的转动摇摆的速度较快。

[0098] 这样,由波浪的影响导致的摇摆角的角度以短周期变化,因此由于陀螺效应引起机舱 13 的转动摇摆。该机舱 13 的转动摇摆,成为对风力发电设备的发电效率和设备的耐久性产生不良影响的原因。

[0099] 因此,为了能够使机舱 13 伴随风向的变化而转动,选择性地抑制由陀螺效应引起的机舱 13 的转动摇摆,作为摇摆抑制单元 16 优选使用根据机舱 13 的转动的速度使阻力变化的单元。由此,对于经过比较长的时间而变化的风向变化引起的、被转动座轴承 14 支承的机舱 13 的较慢的转动不产生衰减效果,能够发挥所谓风向标效应。另外,对由波浪引起的周期较短的机舱 13 的转动摇摆产生衰减效果,从而选择性地抑制。

[0100] 本实施方式的浮体式海上风力发电设备 10 能够通过摇摆抑制单元 16 对机舱 13 的转动摇摆进行抑制,因此能够抑制上述的不良影响。

[0101] 通过使用具备摇摆抑制单元 16 的转动摇摆抑制装置 20,能够对由于波浪所导致的浮体 31 的纵摇摇摆引起的陀螺效应而在机舱 13 产生的转动摇摆的情况进行抑制。进而,通过抑制机舱 13 的转动摇摆,也能够抑制由陀螺效应的反作用所引起的浮体 31 的纵摇摇摆。

[0102] 图 4A ~图 4C 表示液压阻尼器的概略结构,图 4A 是立体图,图 4B 是主视图,图 4C 是图 4B 的 AA 方向剖视图。如这些图所示,液压阻尼器 160 在由主体壳 161 和盖 162 所围成的内部具备旋转体 163 和油 164。液压阻尼器 160 为利用因油 164 的粘性阻力所产生的制动力的阻尼器。通过调整主体壳 161 与旋转体 163 的间隙、油 164 的接触面积和油 164 的粘性等,能够使对于旋转体 163 的旋转的制动扭矩(阻力)发生变化。另外,在旋转体 163 的旋转速度和制动扭矩之间,存在旋转速度上升时制动扭矩上升、旋转速度下降时制动扭矩也下降的关系。

[0103] 在使用液压阻尼器 160 时,由于利用油 164 的粘性阻力,因此具有磨损等经时特性变化小的优点。能够通过对于油 164 的种类进行选择使得温度对粘性变化的影响变小,但也可以采用例如能够通过风冷却油 164 的结构,在强风时油 164 的热量被带走而粘度变高,使得制动扭矩上升。

[0104] 图 5A 和图 5B 表示摩擦阻尼器的概略结构,图 5A 是立体图,图 5B 是主视图。如这些图所示,摩擦阻尼器 165 包括:以与旋转轴 166 的外侧面接触的方式设置的摩擦部件 167;和将以围绕摩擦部件 167 的方式设置的旋转轴连接部件 168 向规定方向推压的弹性体 169。摩擦阻尼器 165 是利用由旋转轴 166 与摩擦部件 167 之间的摩擦阻力所产生的制动力的阻尼器。通过调整旋转轴 166 与摩擦部件 167 之间的摩擦阻力和接触面积等,能够使制动扭矩(阻力)变化。另外,在旋转轴 166 的旋转速度和制动扭矩之间,存在旋转速度上升时制动扭矩上升、旋转速度下降时制动扭矩也下降的关系。

[0105] 在使用摩擦阻尼器 165 的情况下,具有如下优点:无需密封部等而能够使结构简单化,并且能够在周围温度的变化大的环境下比较稳定地维持特性。另外,针对由摩擦部件 167 的磨损引起的尺寸变化,能够利用弹性体 169 的作用力来应对,从而将制动力保持为固定值。即,即使在摩擦部件 167 的尺寸因摩擦而变化的情况下,通过弹性体 169 对摩擦部件 167 施力,也能够使旋转轴 166 和摩擦部件 167 之间的摩擦阻力保持为固定值。

[0106] 浮体 31 在水中,通过系泊索 32 以抑制浮体 31 的绕中心轴的旋转运动的系泊方式系泊于在海底 B 设置的锚 33。因此,浮体 31 的水中的旋转受到抑制。对于该系泊方式,在后面进行说明。

[0107] 存在一种浮体式海上风力发电设备,其具备对用于使机舱与风向一致的机舱的旋转运动进行能动式控制的装置。在这样的设备中,在与风向一致的位置即旋转面与风正对的位置,将风车暂时固定保持于浮体。因此,由于风车的风轮的陀螺效应引起的陀螺力矩,以铅直方向为旋转轴的浮体要产生旋转运动。因此,限制该旋转运动的方式的系泊,抑制该转动摇摆。由此,能够抑制对浮体式海上风力发电设备的发电效率和设备的耐久性的不良影响。

[0108] 但是,也具有省略能动式控制机舱的旋转运动的装置而通过风向标效应使机舱与

风向一致的方式的浮体式海上风力发电设备。在这样的设备中,风车的风轮的旋转轴以能够相对于浮体自由地转动的状态被支承。因此,即使抑制浮体的转动摇摆,也无法抑制由于在机舱产生的陀螺效应所引起的转动摇摆。因此,能够通过在本实施方式的浮体式海上风力发电设备 10 中设置摇摆抑制单元 16,抑制由于陀螺效应而在机舱 13 产生的转动摇摆。

[0109] 关于对浮体 31 的绕中心轴的旋转运动进行抑制的系泊方式,在下面参考图 6A、图 6B 和图 7 进行说明。

[0110] 图 6A 和图 6B 表示本实施方式的浮体的系泊装置的结构,图 6A 是俯视图,图 6B 是侧视图。在此,图 6A 为将该浮体的系泊装置投影于水平面上的图。在浮体 31 连接有多个系泊索 32 的一端。各系泊索 32 的另一端与在水中设置的锚 33 连接。

[0111] 浮体 31 大致形成为圆筒形状。使用两条系泊索 32 构成的系泊索对,在将浮体 31 投影于水平面时,该两条系泊索 32 各自的一端与大致圆筒形状的圆的圆周上的两点连接。两条系泊索 32 构成为,呈分别成为圆的大致切线的形状,并且呈向同一侧延伸的形态。由此,摇摆抑制单元 16 对转动摇摆进行抑制时,能够通过向浮体 31 施加力来防止在浮体 31 发生转动摇摆。

[0112] 在此,图 7 表示在图 6A 的俯视图(水平面上的投影图)中表示的与右下的锚 33 连接的两条系泊索 32 和浮体 31 之间的关系。两条系泊索 32 的一端分别与浮体 31 的圆周上的点 A、B 连接。各系泊索 32 以点 A、点 B 处的切线 L1、L2 的形态进行配置。

[0113] 在该结构中,在浮体 31 发生绕其中心 C 旋转的旋转运动的情况下,该两条系泊索 32 中的一条伸长,作用有张力。设浮体 31 的半径为 r 、浮体 31 的旋转角度为 $\Delta \theta$ 的情况下,俯视图中的该伸长侧的系泊索 32 的伸长量 ΔL ,由公式(1)求得。

$$[0114] \quad \Delta L = r \times \Delta \theta \cdots \cdots (1)$$

[0115] 通过胡克定律(Hook's law),该情况下的浮体 31 的切线方向的张力 T ,在设系泊索 32 的弹簧系数为 k 时通过公式(2)求得。因该伸长而产生的扭矩 N 通过公式(3)求得。

$$[0116] \quad T = k \cdot \Delta L \cdots \cdots (2)$$

$$[0117] \quad N = T \cdot r \cdots \cdots (3)$$

[0118] 如果如图 7 那样形成两条系泊索 32 的结构,则不管旋转方向如何,都能够产生反抗旋转运动的扭矩。因此,该浮体 31 的旋转运动得到抑制。

[0119] 此外,在图 6A 和图 6B 中,各系泊索 32 被设定为呈图 7 中的切线 L1、L2 的形态。但是,可知即使将各系泊索 32 形成为图 7 中的 L3、L4 (虚线)的方式,也能够实现同样的效果。

[0120] 与此相对,图 8A 和图 8B 示出现有技术中的简单的张紧系泊方式的结构。可知通过在该图所示的三个方向呈放射状延伸的系泊索 32,浮体 31 的水平方向的运动(浮游)受到抑制。但是,在其俯视图(图 8A)中,浮体 31 的旋转方向(圆周方向)和系泊索 32 所成的角度达到几乎垂直,因此抑制其旋转运动是困难的。所以,图 8A 和图 8B 所示的系泊方式,相当于是抑制浮体 31 的绕中心轴旋转的旋转运动的系泊方式。

[0121] (第二实施方式)

[0122] 以下参照图 9 对本发明的第二实施方式进行说明。本实施方式的风力发电设备的转动摇摆抑制装置,在对风轮赋予锥角的结构方面,与第一实施方式的转动摇摆抑制装置不同。此外,对在第一实施方式中已说明过的部件赋予相同的符号,在本实施方式中省略说

明。

[0123] 图 9 是表示本实施方式的风力发电设备的转动摇摆抑制装置 30 的构造的主要部分侧视图。如该图所示,本实施方式的转动摇摆抑制装置中,机舱 13 与风轮 11 相比设置在上风侧。另外,对风轮 11 赋予有锥角 α 。在此,锥角 α 是指将叶片 18 的与轮毂 17 的连结部 18A 和前端部 18B 连接起来的以单点划线所示的直线、与图中以单点划线所示的铅直线 V 之间的角度。

[0124] 根据该结构,能够提高风向标效果,该风向标效果是,随着风向 W 的变化,以在水平方向能够自由转动的状态支承于转动座轴承 14 的机舱 13 自动地转动,而使风轮 11 的旋转轴 12 与风向一致。此外,旋转轴 12 的轴方向与风向一致时,风轮 11 的旋转面即由叶片 18 的末端部 18B 的轨迹形成的平面,与风向大致呈直角。

[0125] 另外,风向标效应的提高对于进一步减轻摇摆抑制单元 16 的负荷也是有帮助的。

[0126] 在将本发明作为具备转动摇摆抑制装置 30 的浮体式海上风力发电设备(参照图 1)实施的情况下,优选构成为,接受到风而倾斜的发电状态中的风轮 11 的旋转轴 12 位于水平面 H 上。参照图 10A 和图 10B 对该结构进行说明。

[0127] 图 10A 和图 10B 表示本实施方式的浮体式海上风力发电设备具备的转动摇摆抑制装置 30 的概略结构,图 10A 是接受到风的状态的侧视图,图 10B 是未接受到风的状态的侧视图。如图 10A 所示,本实施方式的转动摇摆抑制装置 30 通过使接受到风倾斜的发电状态中的风轮 11 的旋转轴 12 (以 S 表示轴方向的直线)位于水平面 H 上,能够使旋转轴 12 的旋转轴的方向与风向 W 一致(使两者平行)。因此,如图 10B 所示,在未接受到风状态下,机舱 13 被塔架 15 支承成:风轮 11 的旋转轴 12 (直线 S)相对于水平面 H 具有预定角 β 。

[0128] 预定角 β 可以基于最通常的风速进行设定,以使得浮体式海上风力发电设备的发电效率良好。另外,也可以构成为具备预定角 β 控制单元,该预定角 β 控制单元根据风速而使预定角 β 变化,以使预定角 β 成为最合适的角度。

[0129] 参照图 10A 和图 10B 所说明的上述的结构也可以使用到使用了在第一实施方式中说明的转动摇摆抑制装置 20 的浮体式海上风力发电设备。

[0130] (第三实施方式)

[0131] 参考图 11 和图 12 对本发明的第三实施方式进行说明。在本实施方式中,对将本发明作为浮体式海上风力发电设备进行实施的情况进行说明。此外,对在第一或第二实施方式中已说明过的部件,赋予相同的符号,在本实施方式中省略说明。

[0132] 图 11 是表示本实施方式的浮体式海上风力发电设备 40 的概略结构的立体图。如该图所示,浮体式海上风力发电设备 40 构成为:机舱 13 与结构体 41 形成为一体,机舱 13 相对于结构体 41 不转动。结构体 41 为浮于水中的装置,在其上端固定有机舱 13,其下端经由转动单元 42 连接于海底 B 的锚 43。该转动单元 42 是以使结构体 41 能够随着风向 W 的变化而转动的方式将结构体 41 连接于锚 43 的装置,能够使结构体 41 发挥风向标效应。

[0133] 在结构体 41 的外侧设置有流体力学式阻尼器 44。结构体 41 通过不抑制其绕中心轴的旋转运动的系泊方式进行系泊。通过使该流体力学式阻尼器 44 位于水中,能够发挥作为摇摆抑制单元的功能。即,叶片形状的流体力学式阻尼器 44 的对水的阻力随着结构体 41 的慢速转动而变较小,随着结构体 41 的快速转动而变大。因此,能够以选择性地使快速转动即由陀螺效应引起的结构体 41 的转动衰减的方式进行抑制。这样,通过在结构体 41

设置流体力学式阻尼器 44,能够抑制结构体 41 的因陀螺效应引起的转动摇摆。此外,为了抑制结构体 41 的转动摇摆,可以将液压阻尼器 160 (参照图 4A ~图 4C)和摩擦阻尼器 165 (参照图 5A 和图 5B)一起设置于结构体 41。另外,结构体 41 也能够并用基于系泊索等的不抑制绕中心轴的旋转运动的其他的系泊方式来系泊。

[0134] 此外,本实施方式中例举了在浮体式海上风力发电设备应用流体力学式阻尼器 44 的例子,但也能够将流体力学式阻尼器 44 用于例如陆地设置型的风力发电设备。在该情况下,在结构体浮于水池中的状态下对转动单元进行支承,使得结构体相对于地面转动自如,而且使设置于周围的水池中的水与流体力学式阻尼器 44 相互干涉。由此,在陆地设置型的风力发电设备中,流体力学式阻尼器 44 也能够实现作为摇摆抑制单元的功能。

[0135] 图 12 是表示具备与本实施方式的上述浮体式海上风力发电设备 40 不同的结构的浮体式海上风力发电设备 50 的概略结构的立体图。如该图所示,浮体式海上风力发电设备 50 构成为:结构体 51 的上部 51A 与机舱 13 形成为一体,在结构体上部 51A 与结构体下部 51B 之间设置有转动单元 42。另外,结构体 51 在与转动单元 42 相比位于下方的结构体下部 51B 通过多个系泊索 54 被固定于海底 B 的锚 43。

[0136] 根据该结构,通过转动单元 42,结构体上部 51A 能够随着风向 W 的变化而转动,因此能够发挥风向标效应。并且,通过在结构体 51 内部所具备的摇摆抑制单元 16,能够抑制因陀螺效应引起的机舱 13 的转动摇摆。

[0137] 另外,结构体上部 51A 也能够并用基于系泊索等的不抑制绕中心轴的旋转运动的其他的系泊方式来系泊。

[0138] (第四实施方式)

[0139] 参照图 13 对本发明的第四实施方式进行说明。在本实施方式中,针对以不抑制浮体的绕中心轴的旋转运动的系泊方式系泊浮体式海上风力发电设备的结构进行说明。此外,对于在第一~第三实施方式中已说明过的部件,赋予相同的符号,在本实施方式中省略说明。

[0140] 图 13 是表示本实施方式的浮体式海上风力发电设备的概略结构的立体图。如该图所示,本实施方式的浮体式海上风力发电设备 60 的浮体 31,以所谓悬链线方式(Catenary method)通过系泊索 32 系泊于海底 B。因此,浮体 31 能够绕中心轴在一定范围内转动摇摆。即,浮体 31 以不抑制绕其中心轴的旋转运动的系泊方式被系泊。因此,即使通过摇摆抑制单元 16 对因陀螺效应引发的机舱 13 相对于浮体 31 的转动摇摆进行限制,浮体 31 也能够绕中心轴在一定范围内转动摇摆。其结果是,无法通过系泊索 32 对机舱 13 的转动摇摆进行抑制。但是,在浮体式海上风力发电设备 60 的浮体 31,设置有多片状的流体力学式阻尼器 64。通过该流体力学式阻尼器 64,能够抑制在浮体 31 产生转动摇摆。

[0141] 这样,即使是以不抑制浮体的绕中心轴的旋转运动的系泊方式对浮体式海上风力发电设备进行系泊的结构的情况下,采用将用于对转动座轴承 14 的机舱 13 的转动摇摆进行抑制的摇摆抑制单元 16 和用于抑制浮体 31 的转动摇摆的流体力学式阻尼器 64 组合而成的结构,由于抑制了因陀螺效应引起的机舱 13 和浮体 31 的转动摇摆,这也是有效的。

[0142] 本实施方式的浮体式海上风力发电设备 60 中,两个流体力学式阻尼器 64 以隔着浮体 31 相对的方式配置。即,以连结两个流体力学式阻尼器 64 的向浮体 31 安装的安装部的线通过浮体 31 的与水平面平行的截面的大致中心的方式配置。这是由于,流体力学式

阻尼器 64 不是为了抑制浮体 31 的纵摇摇摆而是为了抑制旋转摇摆而设置的装置。即,浮体式海上风力发电设备 60 的流体力学式阻尼器 64 设置为,通过与外部的水的相互干涉而成为浮体 31 的旋转摇摆的阻力。因此,没必要如以抑制纵摇摇摆为目的的装置那样设置三个以上。因此,流体力学式阻尼器 64 即使只有一个,也能够实现其功能。但是,其数量为三个以上时也能够实现上述的功能,所以流体力学式阻尼器 64 的数量也可以为三个以上。

[0143] 在该实施方式中,取代摇摆抑制单元 16 而具备对机舱的旋转运动进行能动式控制的装置时,也能够通过流体力学式阻尼器 64 抑制浮体 31 产生转动摇摆。

[0144] 此外,流体力学式阻尼器 64 能够通过与周围的流体的相互干涉产生流体力学的作用而实现作为摇摆抑制单元的功能。因此,也可以通过将结构体自身的截面形状例如形成为角形或者形成为凹凸较多的形状而构成。

[0145] 产业上的可利用性

[0146] 本发明能够作为用于提高风力发电设备的发电效率和设备耐久性的装置加以利用。特别是,由于能够提高浮体式海上风力发电设备的发电效率和设备的耐久性,所以是有用的。

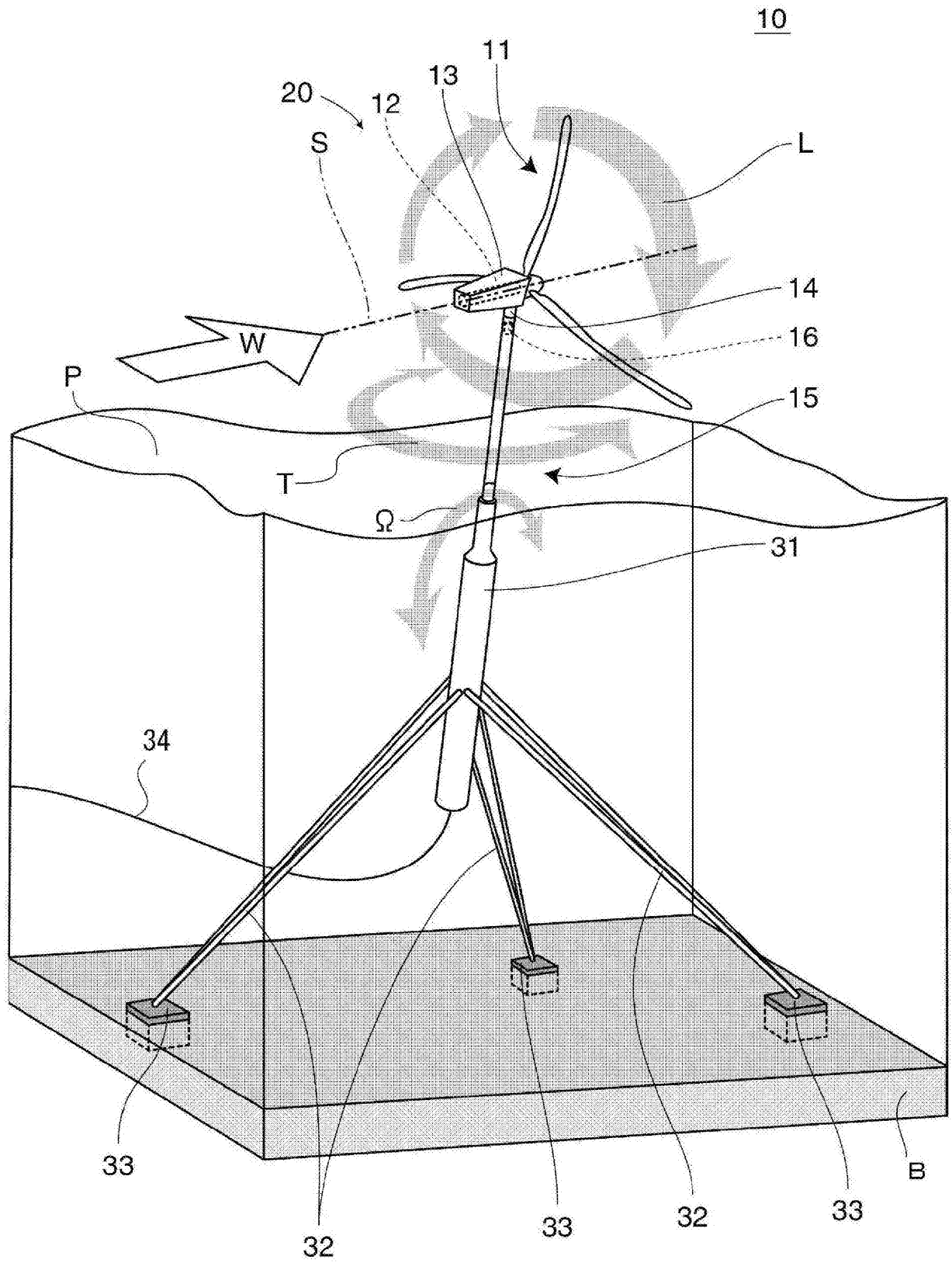


图 1

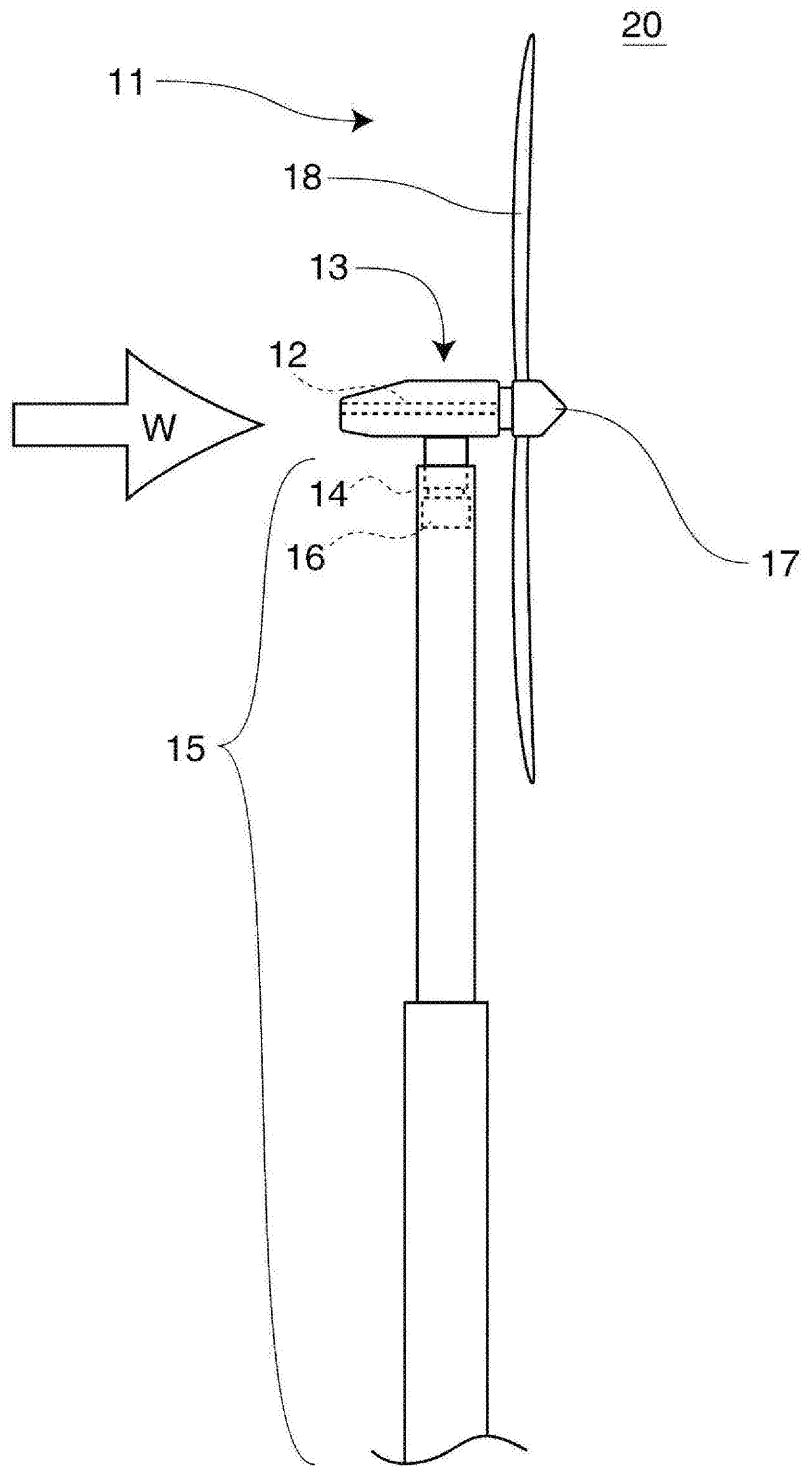
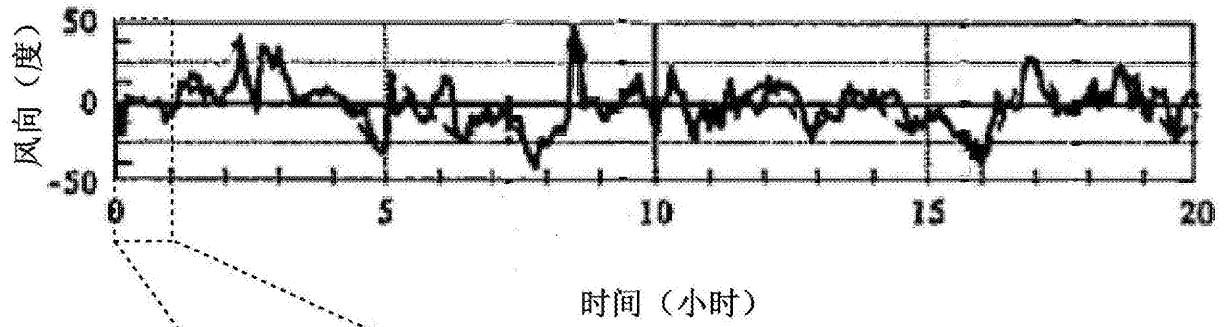


图 2

(a)



(b)

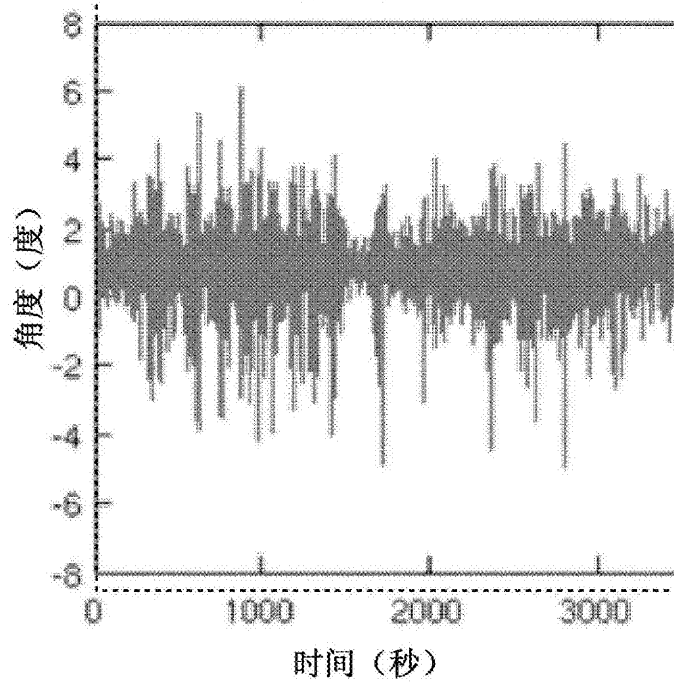


图 3

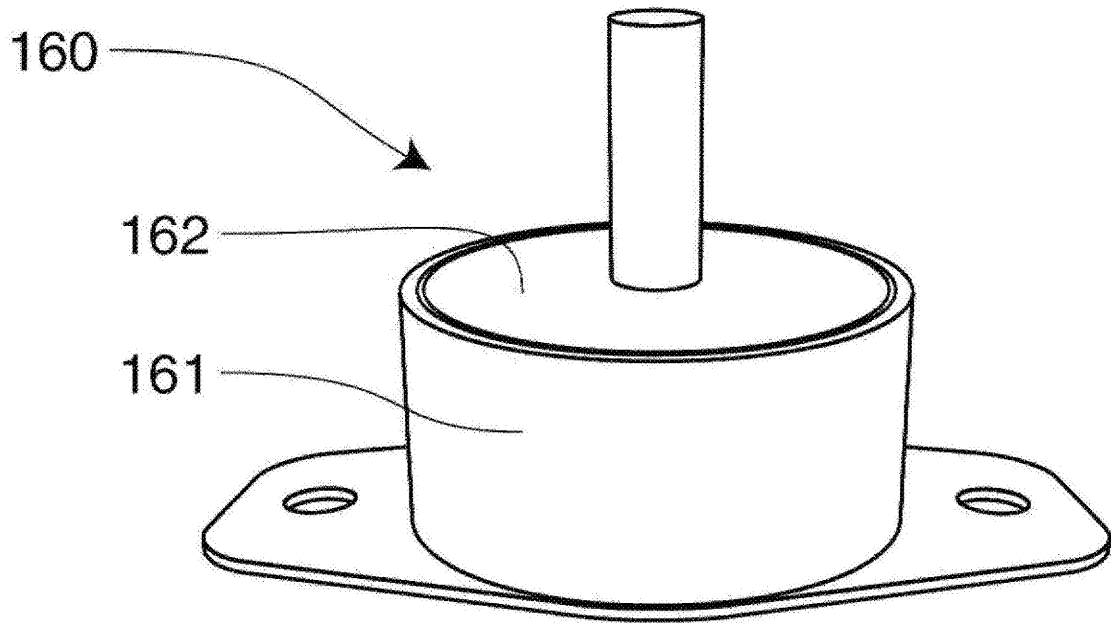


图 4A

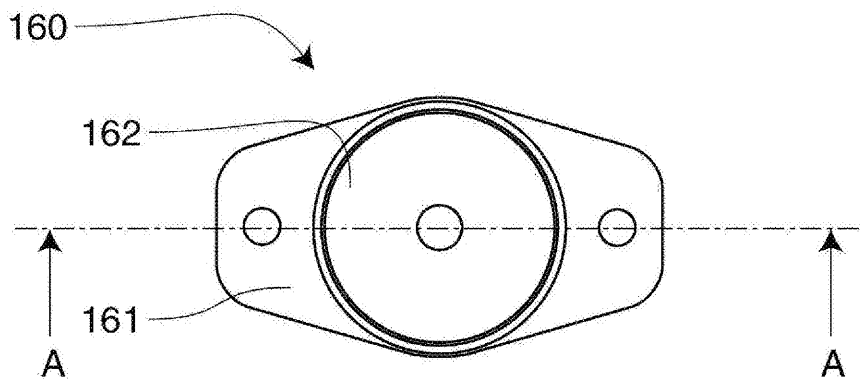


图 4B

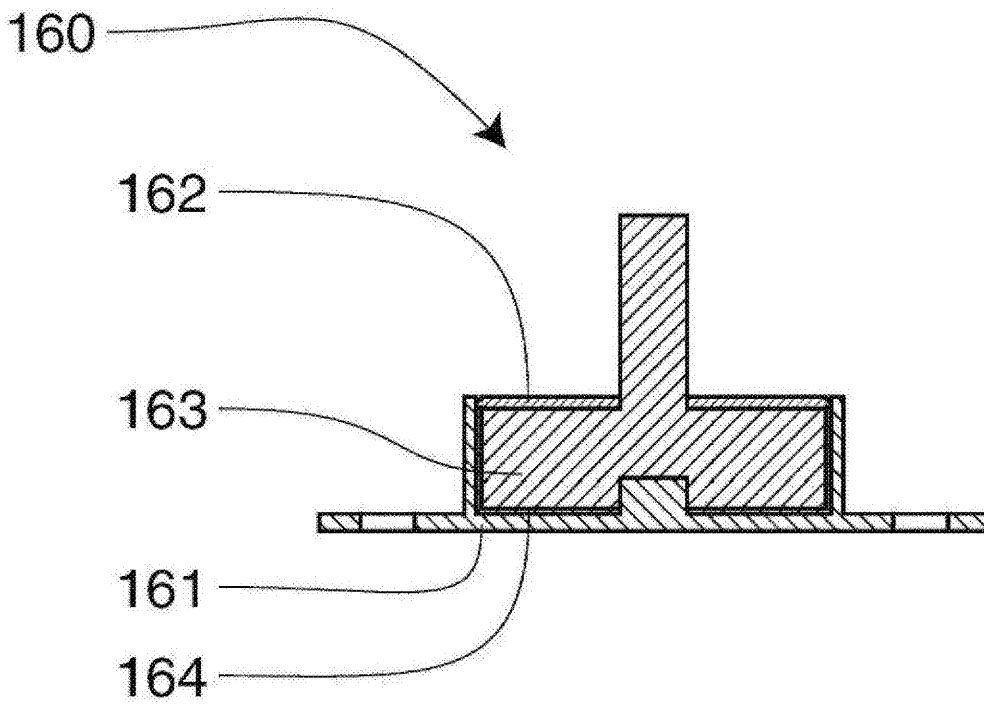


图 4C

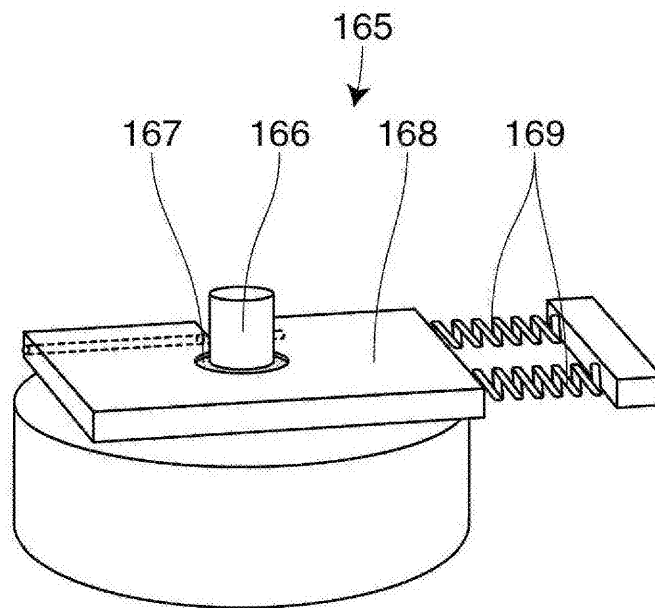


图 5A

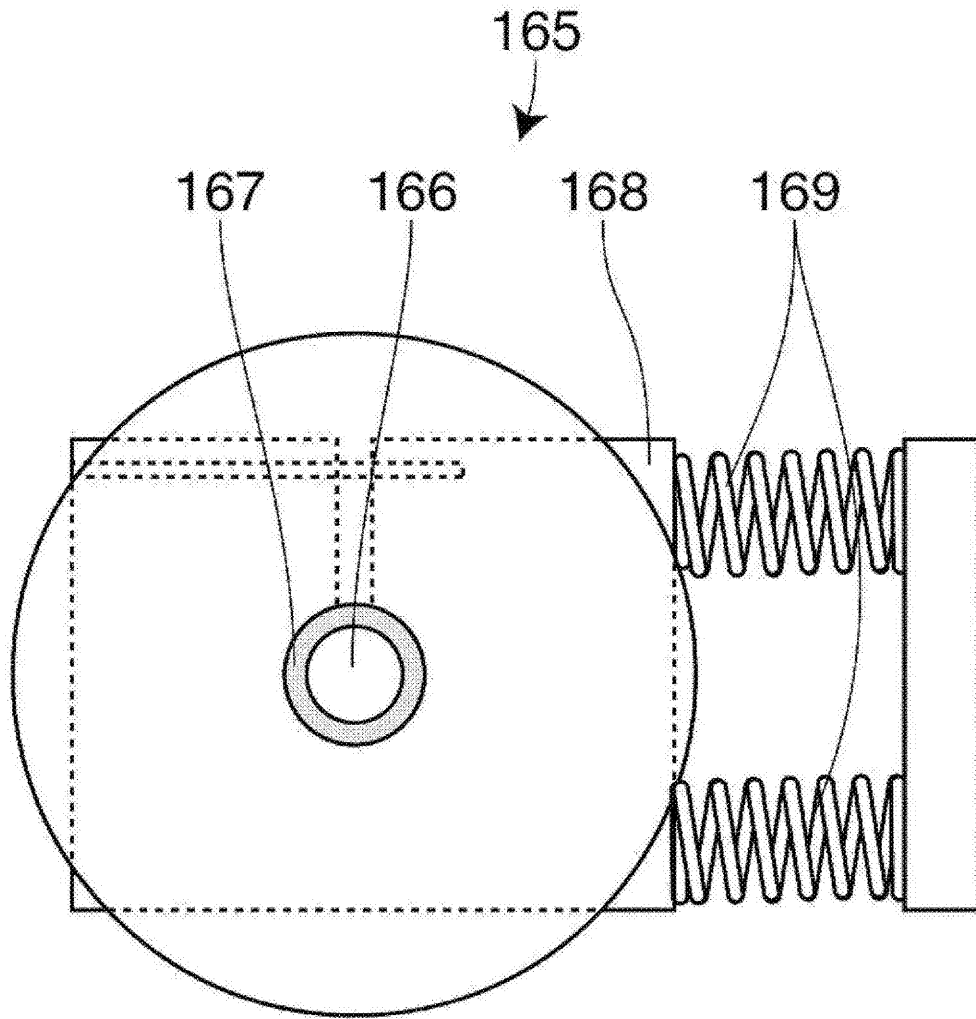


图 5B

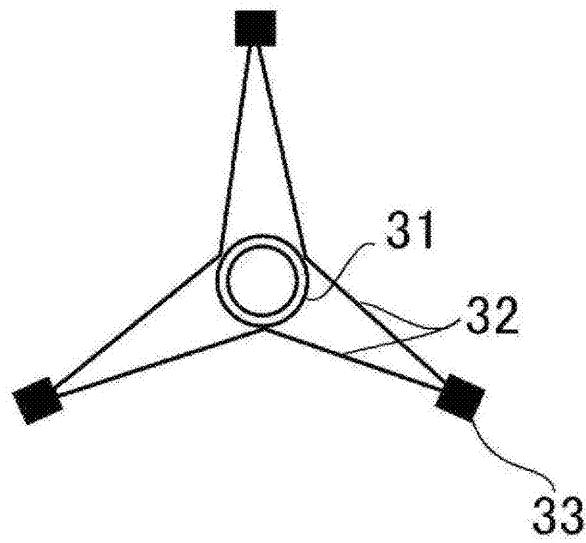


图 6A

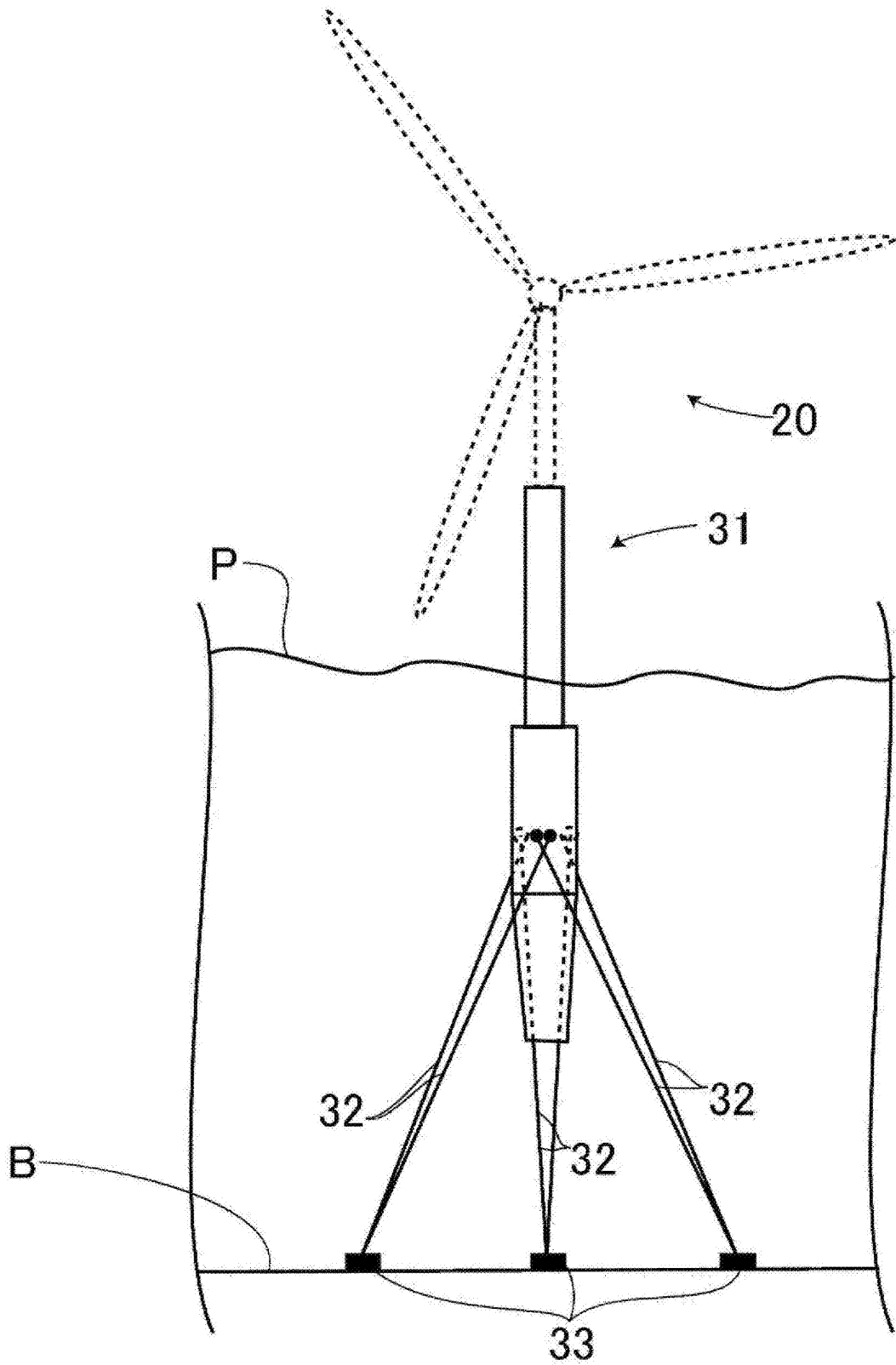


图 6B

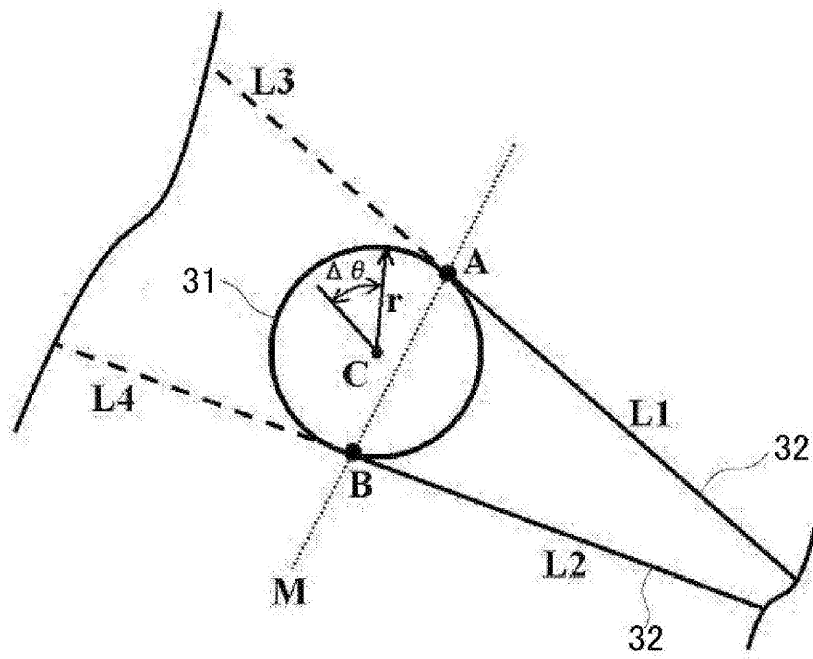


图 7

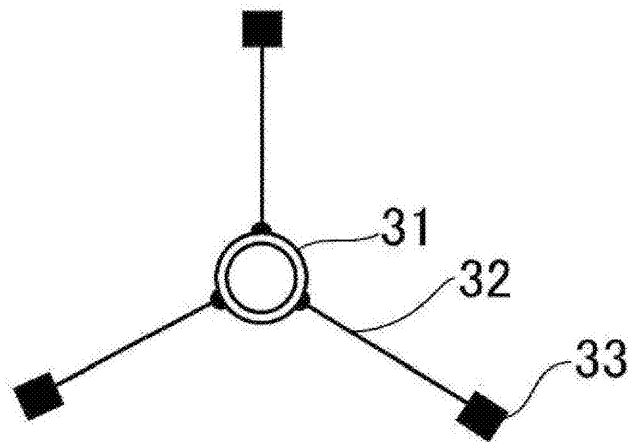


图 8A

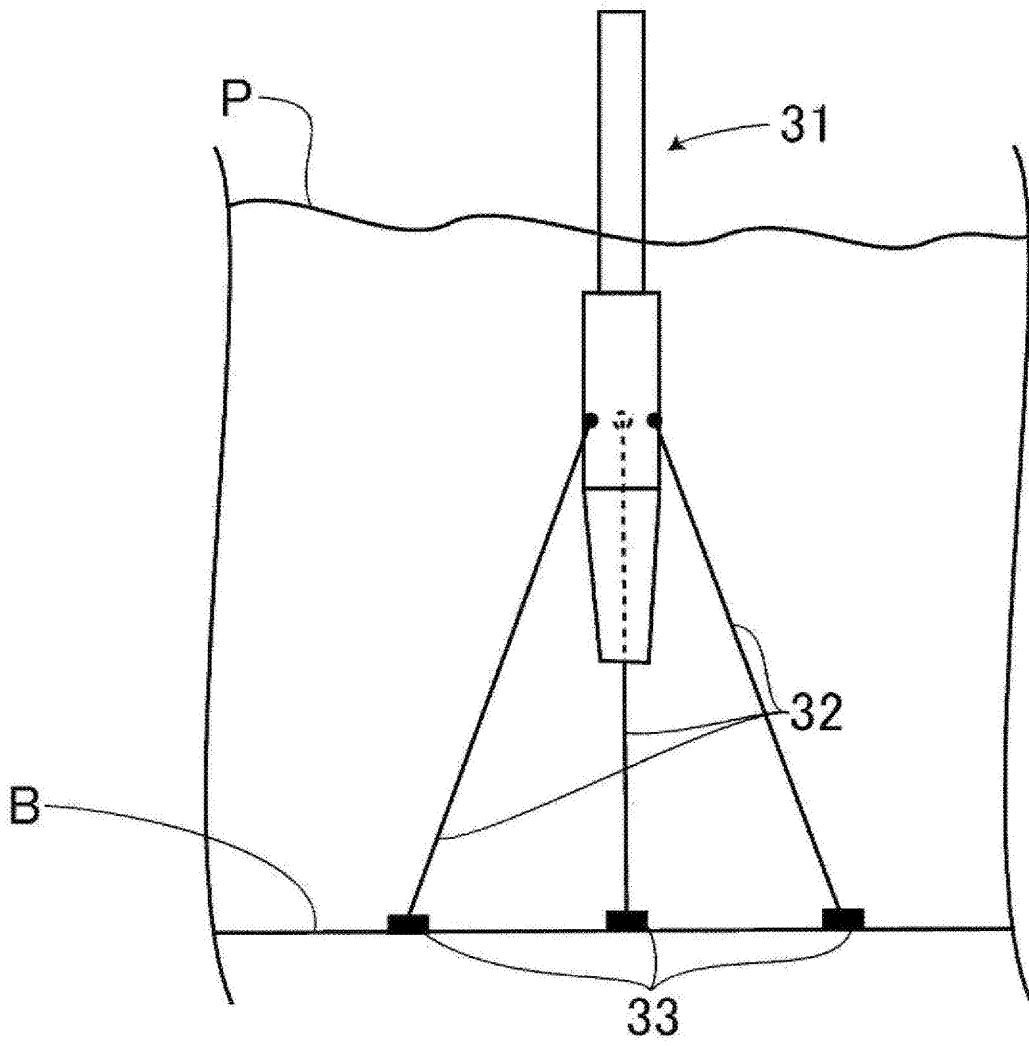


图 8B

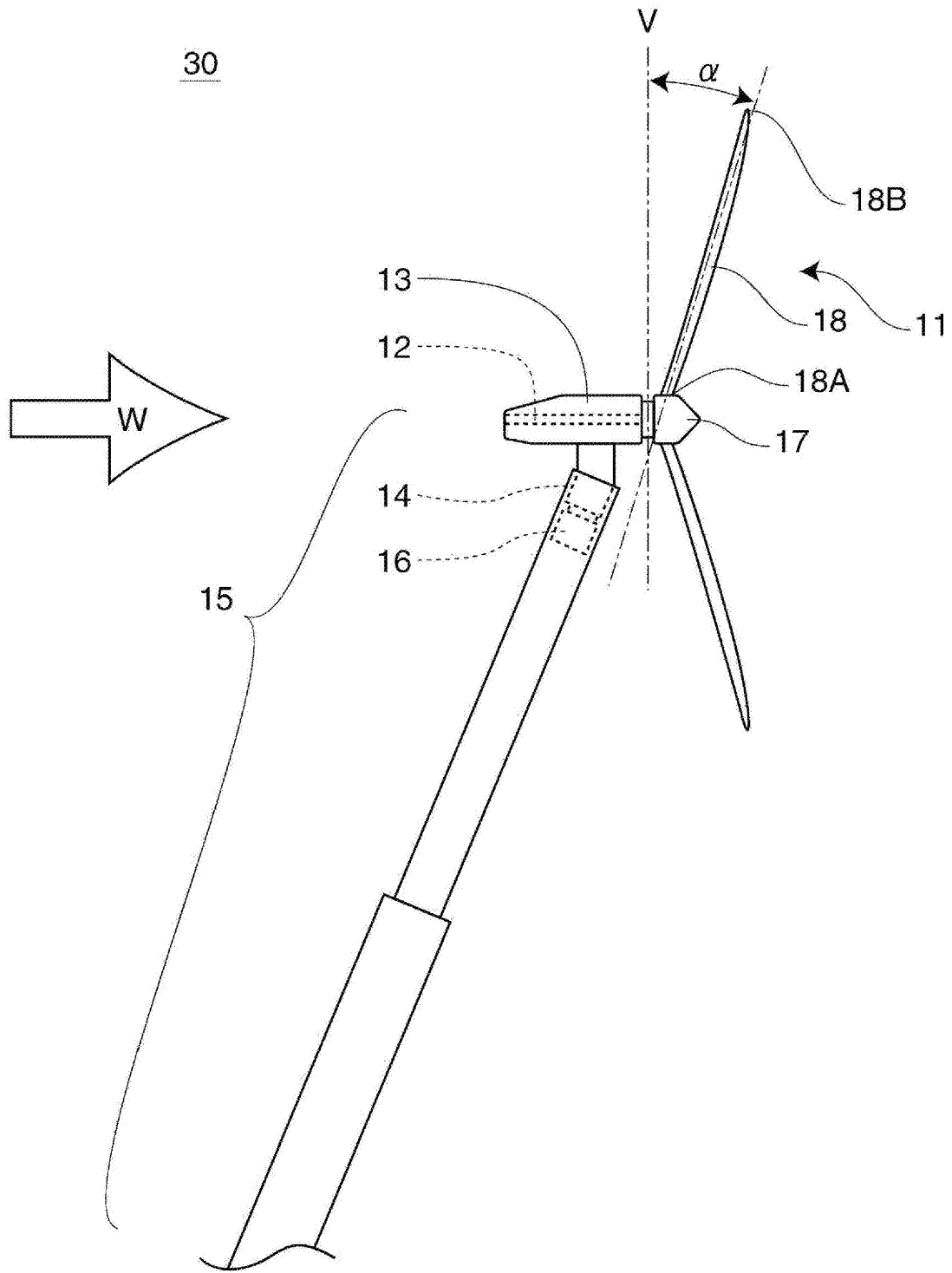


图 9

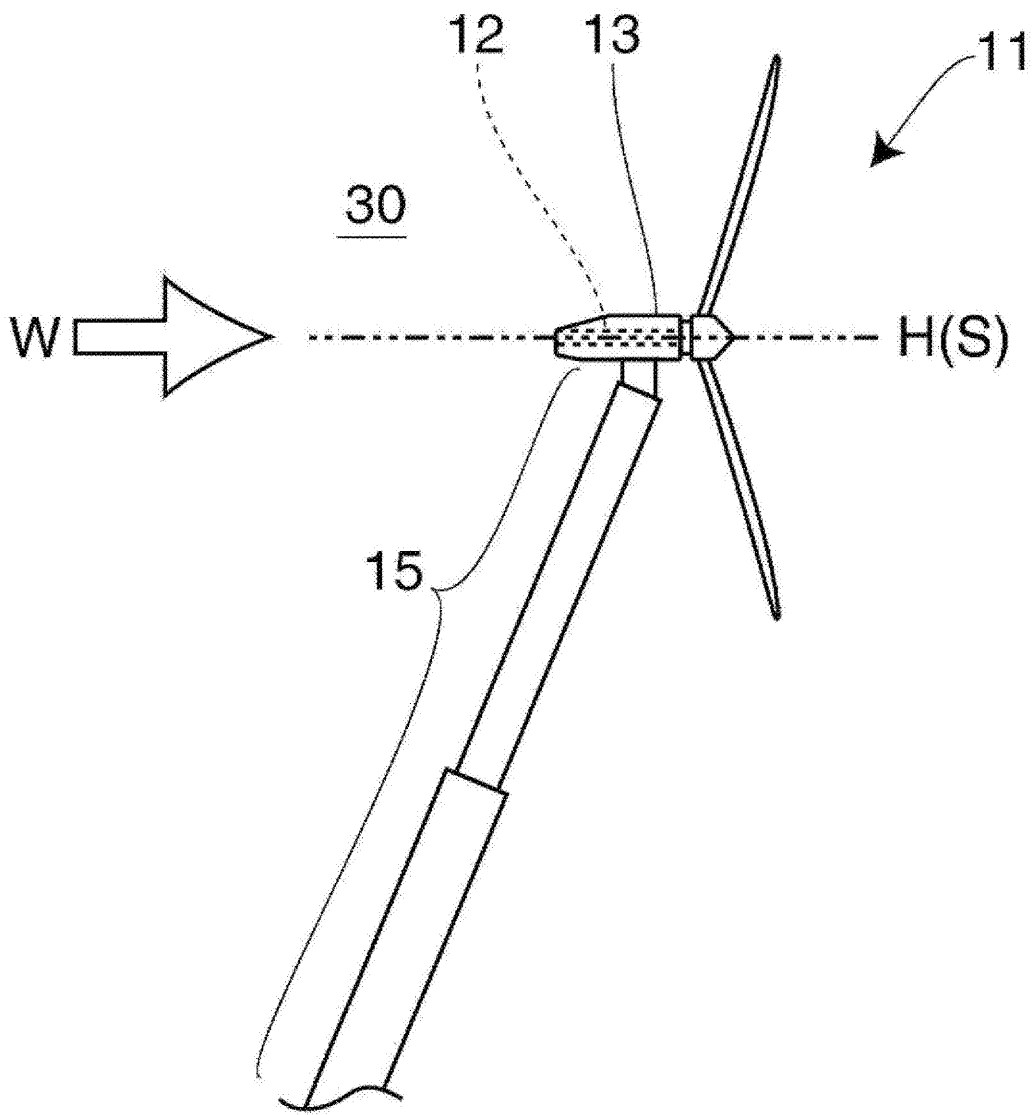


图 10A

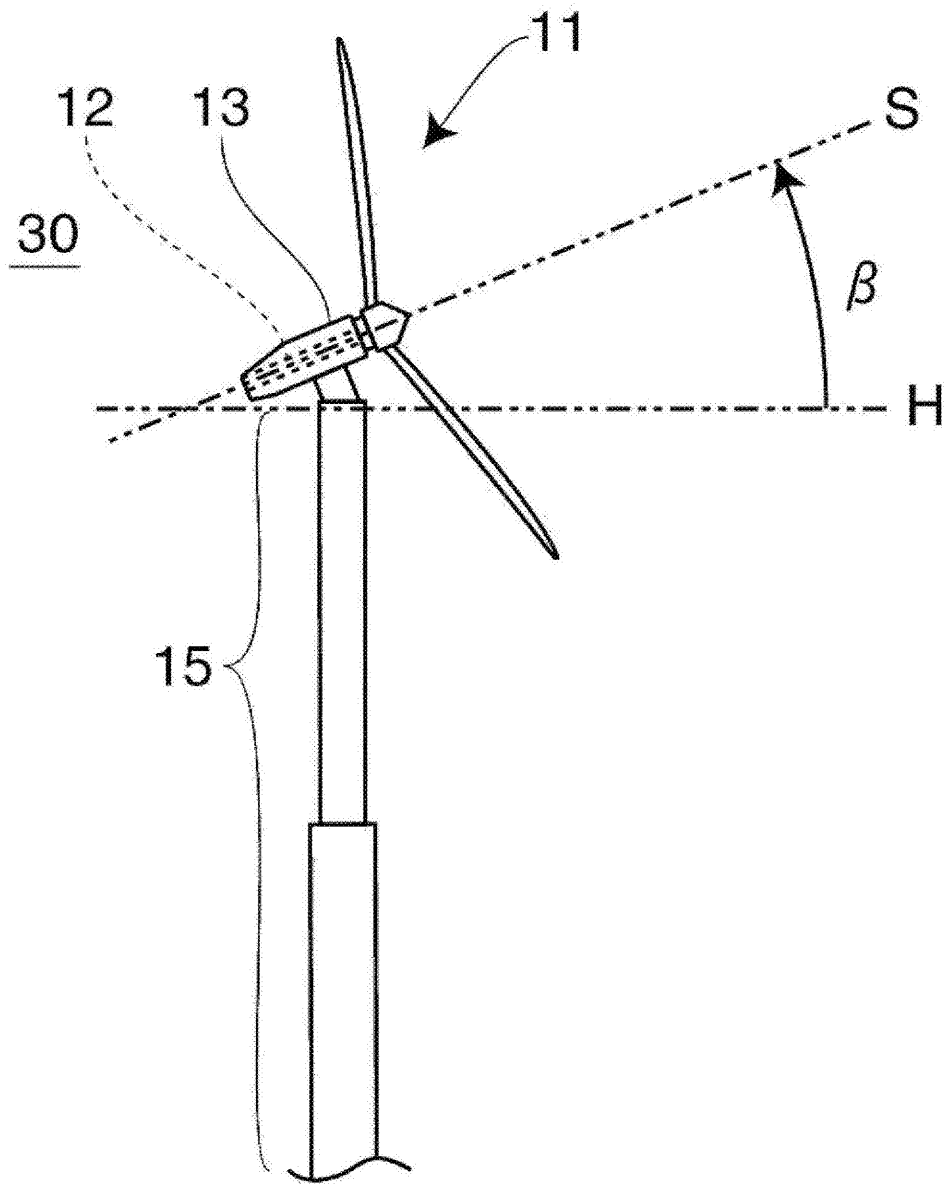


图 10B

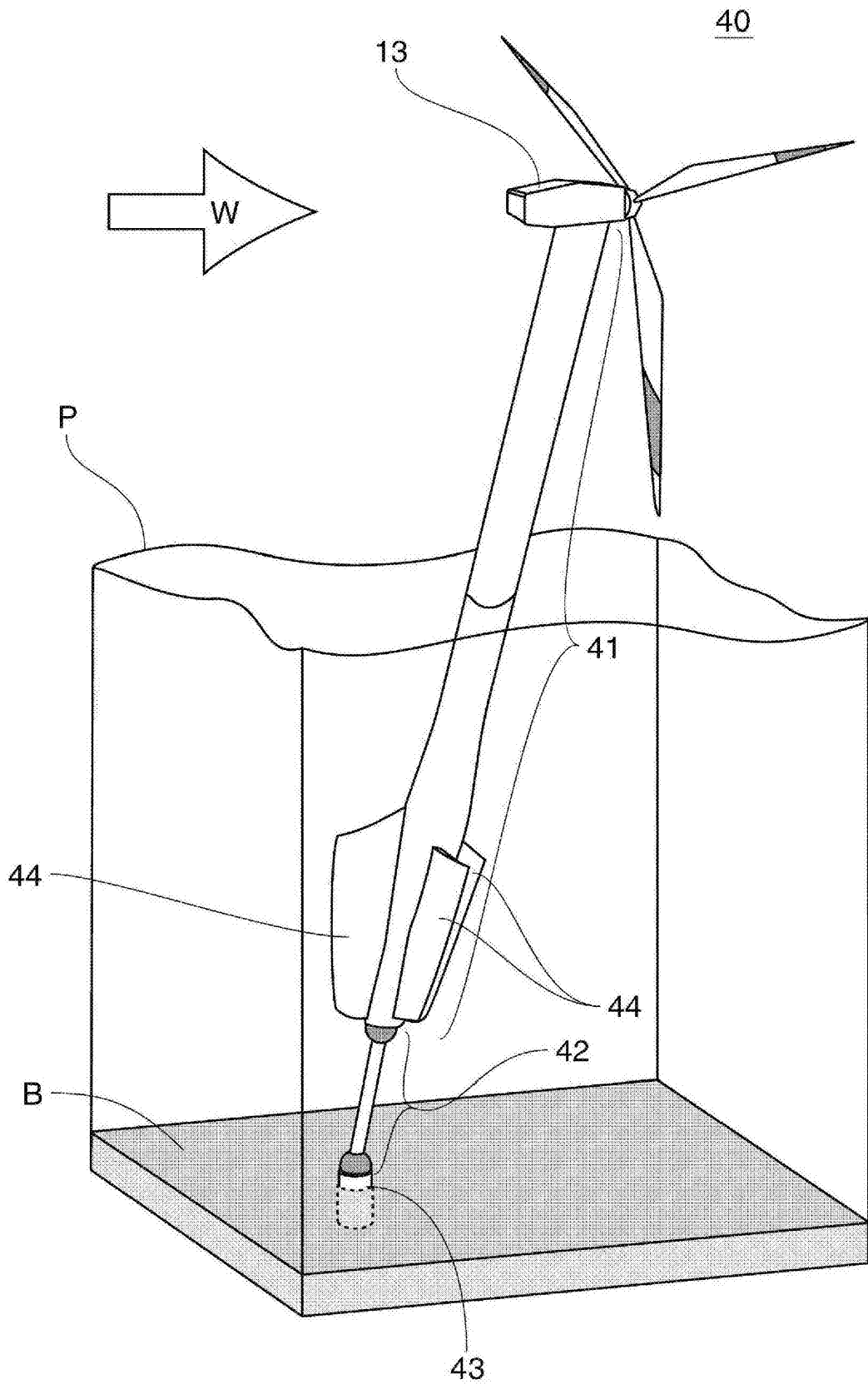


图 11

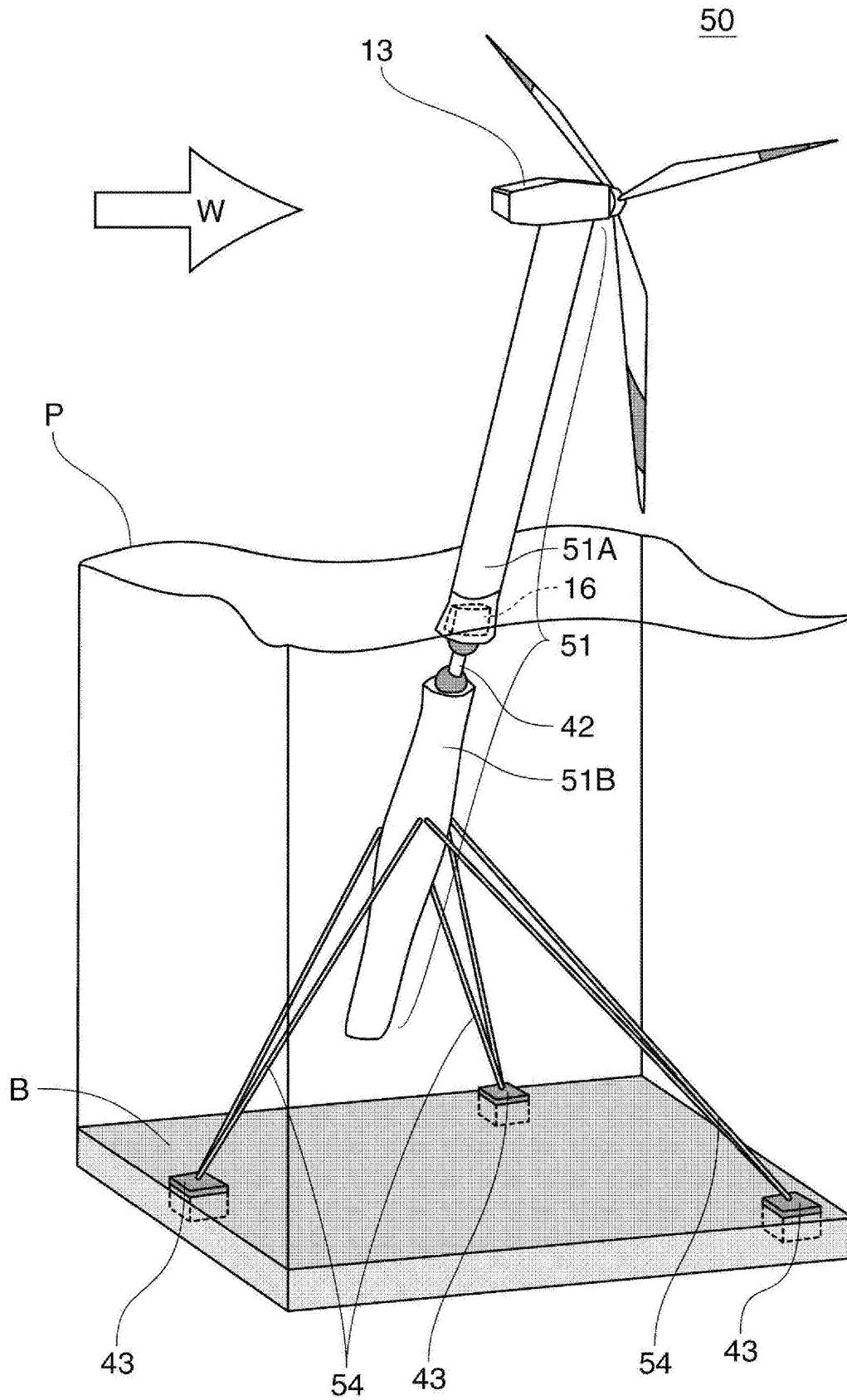


图 12

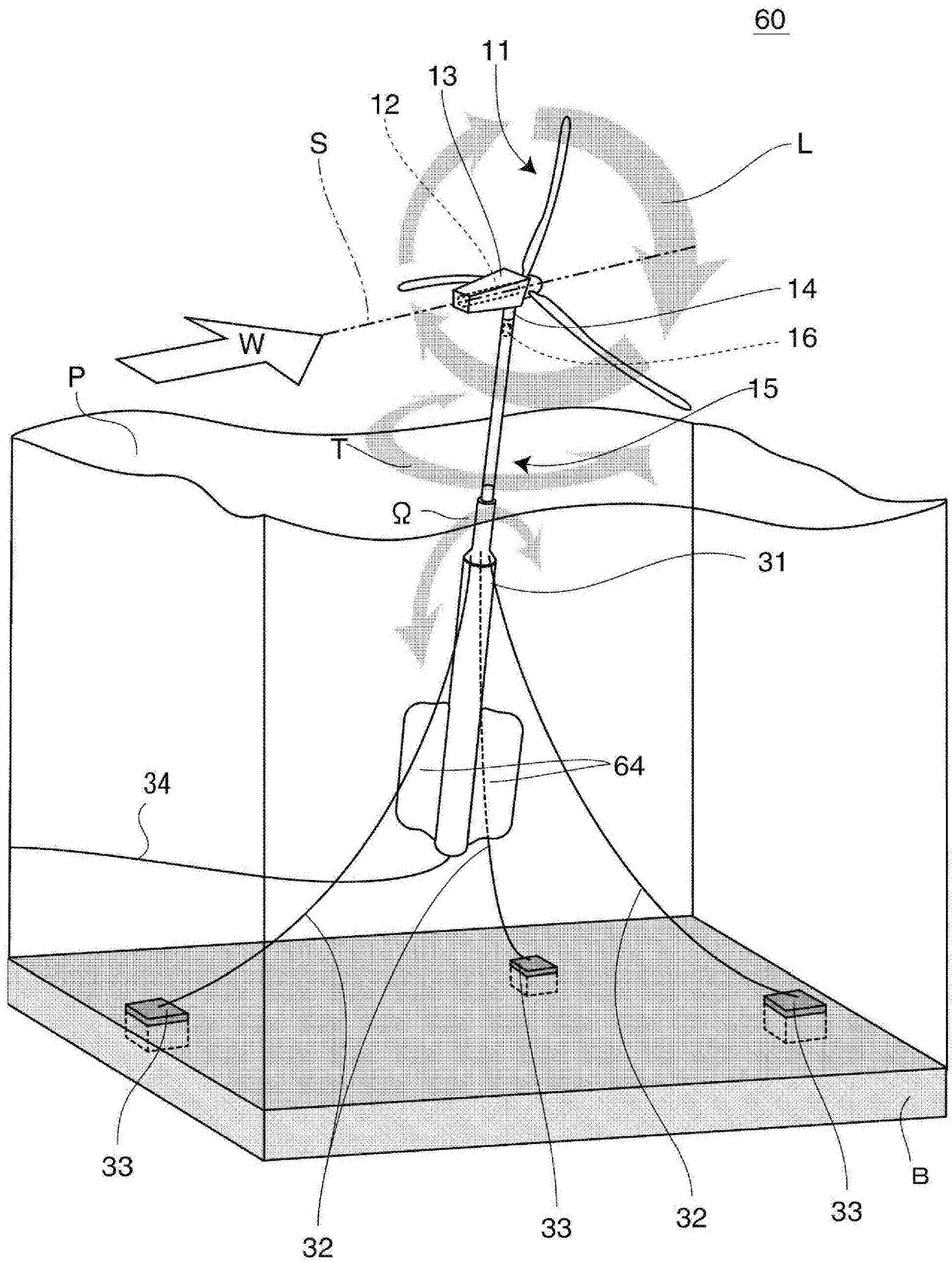


图 13