



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102562438 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201110452918. 6

(22) 申请日 2011. 12. 19

(30) 优先权数据

12/972590 2010. 12. 20 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·兰根 R·普鲁霍姆 S·西克

C·米歇尔 A·斯莫伦斯基

M·罗特科特 S·威尔宁

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 傅永霄

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

F03D 1/00 (2006. 01)

F03D 11/04 (2006. 01)

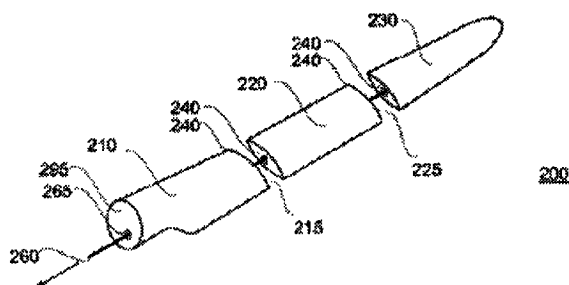
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

模块化转子叶片以及用于安装风力涡轮机的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种模块化转子叶片以及用于安装风力涡轮机的方法。所述转子叶片包括至少两个段以及至少一个线缆,其中,所述至少两个段适于安装在一起以形成所述转子叶片,所述至少一个线缆适于连接所述至少两个段,并且所述至少一个线缆穿过所述段的至少一部分延伸。



1. 一种用于风力涡轮机的转子叶片,其包括:

至少两个段;

至少一个线缆;

其中,所述段适于安装在一起以形成所述转子叶片,所述至少一个线缆适于连接所述至少两个段,并且所述线缆穿过所述段的至少一部分延伸。

2. 根据权利要求1所述的转子叶片,其特征在于,所述至少一个线缆沿所述转子叶片的纵向轴线伸出。

3. 根据权利要求1或2所述的转子叶片,其特征在于,所述转子叶片进一步包括一个尖端部和一个根部,并且所述线缆沿朝向所述根部的方向从所述尖端部伸出。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的转子叶片,其特征在于,所述线缆在至少一个端部处通过层压和/或夹紧方式固定至所述至少两个段中的至少一个。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的转子叶片,其特征在于,所述线缆包括来自以下列中的一个或多个元件:钢、不锈钢、玻璃纤维和碳纤维。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的转子叶片,其特征在于,所述段的至少一个进一步包括至少一个管,并且所述线缆通过其长度的至少一部分穿过所述至少一个管伸出。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的转子叶片,其特征在于,所述转子叶片进一步包括一个用于张力测量的传感器,所述传感器适于检测所述线缆中的应变。

8. 一种风力涡轮机,包括至少一个根据权利要求1至8所述的转子叶片。

9. 一种组装用于风力涡轮机的转子叶片的方法,其包括以下步骤:

提供至少两个段;

提供至少一个线缆;

将所述至少一个线缆的至少一个第一端固定到至少一个段;

张紧所述线缆的至少一个第二端,以使所述至少两个段彼此连接;

- 固定所述至少一个线缆的所述至少一个第二端。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括以下步骤:

将风力涡轮机的毂在所述风力涡轮机的塔架处安装至所述机舱;

将第一转子叶片的第一段提升至所述毂;

将所述段固定至所述毂;

提升另一个段;

使所述毂转动。

模块化转子叶片以及用于安装风力涡轮机的方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于安装风力涡轮机的方法和系统,并且更具体地,本发明涉及用于安装具有模块化转子叶片的风力涡轮机的方法和系统。

背景技术

[0002] 至少一些已知的风力涡轮机包括塔架和安装在塔架上的机舱。转子可旋转地安装至机舱并且通过轴连接至发电机。多个叶片自转子延伸。叶片定向成使得经过叶片的风使转子转动并且使轴旋转,从而驱动发电机发电。

[0003] 常规地,叶片在工厂中进行预制并且通过陆地运输、海上运输或者空中运输而输送至风力涡轮机的装配现场。在现场,通常通过将转子叶片连接至转子毂而在地面上安装转子,并且接着通过起重机将经过组装的转子向上提升到其在机舱的位置。

[0004] 在这一过程中,可能出现多种困难,其中的一些是由于装配现场及其附近的地形特性造成的。例如,通常必须经过蜿蜒小路来运输山区中或者沿海岸的风力涡轮机。在这些情况下,由于转子叶片具有相当大的长度而限制了运载车辆转弯能力的实际情况,因此陆地运输受到阻碍。

[0005] 此外,装配现场的空间可能是有限的,例如在山区中。由于为了在地面上组装转子需要尺寸上大于转子直径的平面空间,因此,在地面上组装转子几乎是或者完全是不可能的。

[0006] 鉴于上述,期望得到在运输过程中需要较少空间的风力涡轮机叶片,并且期望能有一种在用于组装过程的空间有限的环境中组装和安装风力涡轮机转子的方法。

发明内容

[0007] 在一个方面中,本发明提供一种用于风力涡轮机的转子叶片。一种用于风力涡轮机的转子叶片包括至少两个段以及至少一个线缆,其中,至少两个段适于安装在一起以形成转子叶片,至少一个线缆适于连接至少两个段,并且至少一个线缆穿过段的至少一部分延伸。

[0008] 所述至少一个线缆沿所述转子叶片的纵向轴线伸出。所述转子叶片进一步包括尖端部和根部,并且所述线缆沿朝向所述根部的方向从所述尖端部伸出。所述线缆固定在至少一个段的至少一个端部处。所述线缆通过夹紧或层压方式固定至所述至少两个段中的至少一个。所述线缆包括来自以下列中的一个或多个元件:钢、不锈钢、玻璃纤维和碳纤维。所述段的至少一个进一步包括至少一个管,并且所述线缆通过其长度的至少一部分穿过所述至少一个管伸出。所述转子叶片进一步包括一个用于张力测量的传感器,所述传感器适于检测所述线缆中的应变。

[0009] 在第二个方面中,本发明还提供一种风力涡轮机。该风力涡轮机包括:至少一个转子叶片,该转子叶片包括至少两个段;以及至少一个线缆,其中,至少两个段适于安装在一起以形成转子叶片,至少一个线缆适于连接至少两个段,并且至少一个线缆穿过段的至少

一部分延伸。

[0010] 所述风力涡轮机进一步包括绞盘,所述绞盘适于张紧所述至少一个线缆。所述绞盘位于所述毂或所述机舱中的一个的内部。所述风力涡轮机进一步包括用于使所述毂转动的辅助马达。所述辅助马达位于所述风力涡轮机的机舱中的齿轮系的高速段中。

[0011] 在另一个方面中,本发明提供一种组装用于风力涡轮机的转子叶片的方法。该方法包括以下步骤:提供至少两个段;提供至少一个线缆;将至少一个线缆的至少一个第一端固定到至少一个段;张紧线缆的至少一个第二端,从而使至少两个段彼此连接;以及固定至少一个线缆的至少一个第二端。

[0012] 固定所述至少一个第二端的步骤包括夹紧。通过绞盘实施张紧所述线缆的至少一个第二端。所述方法进一步包括以下步骤:a)将风力涡轮机的毂在所述风力涡轮机的塔架处安装至所述机舱;b)将第一转子叶片的第一段提升至所述毂;c)将所述段固定至所述毂;d)提升另一个段;e)将所述另一个段连接至前一个段;f)重复步骤d)和e),直到转子叶片的所有段都提升至它们的位置。所述方法还可进一步包括:g)使所述毂和所安装的转子叶片转动,以及,h)重复步骤a)至f)。通过绞盘实施将段提升的步骤,且所述绞盘安装至所述毂。

[0013] 通过从属权利要求、说明书以及附图,本发明的其它方面、优点以及特征是显而易见的。

附图说明

[0014] 参照附图,说明书的剩余部分更具体地阐述了面向本领域普通技术人员的本发明的完整公开,这种公开使得本领域普通技术人员能够实现本发明,包括本发明的最佳模式,其中:

[0015] 图1是示例性风力涡轮机的透视图。

[0016] 图2是图1所示的风力涡轮机的一部分的放大剖视图。

[0017] 图3是根据本发明实施例的模块化转子叶片的透视图。

[0018] 图4是根据另一个实施例的模块化转子叶片的透视图。

[0019] 图5是根据又一个实施例的模块化转子叶片的透视图。

[0020] 图6是根据实施例的组装过程中的风力涡轮机转子的透视图。

[0021] 图7是图6所示的风力涡轮机转子安装了所有转子叶片之后的透视图。

[0022] 图8至图10是根据实施例的安装过程中的风力涡轮机的透视图。

[0023] 图11根据另一个实施例的模块化转子叶片的透视图。

[0024] 附图标记列表:

[0025]	风力涡轮机	10		传动系	64
[0026]	塔架	12	30	桨距组件	66
[0027]	支承系统	14		传感器	70
[0028]				桨距轴承	72
[0029]	机舱	16		桨距驱动马达	74
[0030]	转子	18		桨距驱动齿轮箱	76
[0031]	可旋转的毂	20,320	35	桨距驱动小齿轮	78

[0032]	转子叶片	22		超速控制系统	80
[0033]	叶片根部	24		线缆	82
[0034]	负载传递区域	26		电力发电机	84
[0035]	方向	28		腔	86
[0036]	旋转轴线	30	40	内表面	88
[0037]	桨距调节系统	32		外表面	90
[0038]	变桨轴线	34		纵向轴线	116
[0039]	控制系统	36		模块化转子叶片	200
[0040]	偏航轴线	38		根部段	210
[0041]	处理器	40	45	间隙	215, 225
[0042]	发电机	42		中间段	220
[0043]	转子轴	44		尖端段	230
[0044]	齿轮箱	46		接触面	240
[0045]	高速轴	48		线缆	260
[0046]	连接件	50	50	开口	265
[0047]	支承件	52		管	280
[0048]	支承件	54		固定元件	290
[0049]	偏航驱动机构	56		夹紧元件	300
[0050]	气相柱	58		张紧装置	330
[0051]	前支承轴承	60	55	开口	335
[0052]	后支承轴承	62		滑轮	345
[0053]	第一转子叶片	360		滑轮	380
[0054]	凸缘	370		线缆	390

具体实施方式

[0055] 现在将详细地参照多个实施例,其中的一个或更多的示例示于各个附图中。每个示例都以对发明进行解释的方式给出,并不对本发明构成限制。例如,作为一个实施例的一部分示出或进行描述的特征能够用于其它实施例或者结合其它实施例使用,从而产生又一个实施例。期望本发明包括这些改型以及变型。

[0056] 本说明书所述的实施例包括能够在用于安装过程的空间有限的区域中进行安装的风力涡轮机系统。更具体地,模块化转子叶片能够运输至位于不易到达的位置的构造现场。

[0057] 如本说明书所使用的,术语“叶片”意在代表任何在相对于周围流体处于运动时提供反作用力的装置。如本说明书所使用的,术语“风力涡轮机”意在代表任何从风能产生旋转能量的装置,并且更具体地,代表将风的动能转化成机械能的任何装置。如本说明书所使用的,术语“风力发电机”意在代表任何从由风能产生的旋转能量产生电力的风力涡轮机,并且更具体地,代表将由风的动能转化而来的机械能转化为电力的任何风力涡轮机。如本说明书所使用的,术语“模块化转子叶片”意在代表包括至少两个段的转子叶片,并且通过对段进行安装来组装转子叶片。

[0058] 图 1 是示例性风力涡轮机 10 的透视图。在示例性实施例中, 风力涡轮机 10 是水平轴风力涡轮机。或者, 风力涡轮机 10 可以是竖直轴风力涡轮机。在示例性实施例中, 风力涡轮机 10 包括从支承系统 14 延伸的塔架 12、安装在塔架 12 上的机舱 16 以及连接至机舱 16 的转子 18。转子 18 包括可旋转的毂 20 和至少一个转子叶片 200, 转子叶片 200 连接至毂 200、并且自毂 20 向外延伸。在示例性实施例中, 转子 18 具有三个转子叶片 200, 这三个转子叶片 200 是模块化转子叶片。在备选实施例中, 转子 18 可包括多于或少于三个的转子叶片 200。在示例性实施例中, 塔架 12 由钢管制成, 以限定支承系统 14 与机舱 16 之间的腔 (图 1 中未示出)。在备选实施例中, 塔架 12 是具有任何合适高度的任何合适类型的塔架。

[0059] 转子叶片 200 围绕毂 20 间隔开, 以便于使转子 18 旋转, 从而使来自风的动能能够转换成可用的机械能, 并且接着转换成电能。通过将叶片根部 24 在多个负载传递区域 26 连接至毂 20, 可将转子叶片 200 配合至毂 20。负载传递区域 26 具有毂负载传递区域和叶片负载传递区域 (二者均未在图 1 中示出)。在转子叶片 200 上产生的负载通过负载传递区域 26 传递至毂 20。

[0060] 在一个实施例中, 转子叶片 200 具有处于从大约 15 米 (m) 至大约 91m 的范围内的长度。或者, 转子叶片 200 可以具有使风力涡轮机 10 能够如本说明书所述地起作用的任何合适的长度。例如, 叶片长度的其它非限制性示例包括 10m 或小于 10m、20m、37m 或者大于 91m 的长度。随着风从方向 28 撞击转子叶片 200, 转子 18 围绕旋转轴线 30 进行旋转。随着转子叶片 200 进行旋转并且经受离心力, 转子叶片 200 也经受多个力和力矩。这样一来, 转子叶片 200 可以自中立的或者非偏转的位置偏转和 / 或旋转至偏转位置。

[0061] 此外, 转子叶片 200 的桨距角 (pitch angle) 或叶片桨距 (blade pitch), 即判定转子叶片 200 相对于风的方向 28 的投影的角度 (perspective), 可以通过桨距调节系统 (pitch adjustment system) 32 进行改变, 以通过调节至少一个转子叶片 200 相对于风矢量的角位置对风力涡轮机 10 产生的负载和电力进行控制。示出了用于转子叶片 200 的变桨轴线 (pitch axes) 34。在风力涡轮机 10 的操作过程中, 桨距调节系统 32 可以改变转子叶片 200 的叶片桨距, 使得转子叶片 200 可以移动至顺桨位置 (feathered position), 使得至少一个转子叶片 200 相对于风矢量的投影提供了朝向风矢量进行定向的转子叶片 200 的最小表面积, 从而有利于减小转子 18 的转速、并且 / 或者有利于转子 18 的停转 (stall)。

[0062] 在示例性实施例中, 每个转子叶片 200 的叶片桨距都由控制系统 36 单独进行控制。或者, 所有转子叶片 200 的叶片桨距也可以由控制系统 36 同时进行控制。此外, 在示例性实施例中, 随着方向 28 发生变化, 可以围绕偏航轴线 38 对机舱 16 的偏航方向进行控制, 以相对于方向 28 定位转子叶片 200。

[0063] 在示例性实施例中, 控制系统 36 示为在机舱 16 内处于中心位置, 但是, 控制系统 36 可以是遍及风力涡轮机 10、位于支承系统 14 上、位于风力发电厂内和 / 或位于远程控制中心的分布式系统。控制系统 36 包括处理器 40, 处理器 40 构造成执行本说明书所述的方法和 / 或步骤。此外, 许多本说明书所述的其它部件可包括一个处理器。如本说明书所使用的, 术语“处理器”并不限于本领域内称作计算机的集成电路, 而是广义地指控制器、微型控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器 (PLC)、专用集成电路以及其它的可编程电路, 并且这些术语在本说明书中是可以互换使用的。应当理解, 处理器和 / 或控制系统还能包括存

存储器、输入通道和 / 或输出通道。

[0064] 在本说明书所述的实施例中,存储器可以不具有限制意义地包括例如随机存取存储器 (RAM) 的计算机可读介质以及例如闪速存储器的计算机可读非易失性介质。或者,也可以使用软盘、光盘只读存储器 (CD-ROM)、磁光盘 (MOD) 和 / 或数字通用光盘 (DVD)。同样,在本说明书所述的实施例中,输入通道不具有限制意义地包括传感器以及 / 或者例如鼠标和键盘的与操作者接口相关的计算机外围设备。此外,在示例性实施例中,输出通道可以不具有限制意义地包括控制装置、操作者接口监视器和 / 或显示器。

[0065] 本说明书所述的处理器对由多个电气装置和电子装置传输的信息进行处理,多个电气装置和电子装置可以不具有限制意义地包括传感器、致动器、压缩机、控制系统和 / 或监测装置。这些处理器可以物理地位于例如控制系统、传感器、监测装置、桌面计算机、膝上型计算机、可编程逻辑控制器 (PLC) 柜和 / 或分布式控制系统 (DCS) 柜中。RAM 和储存装置对将由处理器执行的信息和指令进行储存和传送。RAM 和储存装置还能够用于在处理器执行指令的过程中储存并且向处理器提供临时变量、静态 (即不发生改变的) 信息和指令或者其它的中间信息。所执行的指令可以不具有限制意义地包括风力涡轮机控制系统控制命令。指令的执行顺序并不限于硬件电路和软件指令的任何具体结合。

[0066] 图 2 是风力涡轮机 10 的一部分的放大剖视图。在示例性实施例中,风力涡轮机 10 包括机舱 16 和毂 20,毂 20 可旋转地连接至机舱 16。更具体地,毂 20 通过转子轴 44 (有时称作主轴或低速轴)、齿轮箱 46、高速轴 48 和连接件 50 可旋转地连接至位于机舱 16 内的发电机 42。在示例性实施例中,转子轴 44 设置为与纵向轴线 116 共轴。转子轴 44 的旋转对齿轮箱 46 可旋转地进行驱动,齿轮箱 46 接着对高速轴 48 进行驱动。高速轴 48 通过连接件 50 对发电机 42 可旋转地进行驱动,并且高速轴 48 的旋转有利于通过发电机 42 产生电力。齿轮箱 46 和发电机 42 由支承件 52 和支承件 54 进行支承。在示例性实施例中,齿轮箱 46 利用双路径几何形状对高速轴 48 进行驱动。或者,转子轴 44 通过连接件 50 直接连接至发电机 42。

[0067] 机舱 16 还包括偏航驱动机构 56,偏航驱动机构 56 可以用于使机舱 16 和毂 20 在偏航轴线 38 (示于图 1 中) 上旋转,以控制转子叶片 200 相对于风的方向 28 的投影 (perspective)。机舱 16 还包括至少一个气相柱 (meteorological mast) 58,气相柱 58 包括风向标和风速计 (均未示于图 2 中)。柱 58 向控制系统 36 提供可以包括风向和 / 或风速的信息。在示例性实施例中,机舱 16 还包括主前支承轴承 60 和主后支承轴承 62。

[0068] 前支承轴承 60 和后支承轴承 62 有利于转子轴 44 的径向支承和对齐。前支承轴承 60 在毂 20 附近连接至转子轴 44。后支承轴承 62 在齿轮箱 46 和 / 或发电机 42 附近设置在转子轴 44 上。或者,机舱 16 包括任何数目的能够使风力涡轮机 10 如本说明书所述地起作用的支承轴承。转子轴 44、发电机 42、齿轮箱 46、高速轴 48、连接件 50 及任何相关的紧固件、支承件以及 / 或者包括但不限于支承件 52 和 / 或支承件 54 的固定装置以及前支承轴承 60 和后支承轴承 62,有时称作传动系 64。

[0069] 在示例性实施例中,毂 20 包括桨距组件 (pitch assembly) 66。桨距组件 66 包括一个或更多的桨距 (pitch) 驱动系统 68 和至少一个传感器 70。每个桨距驱动系统 68 都连接至相应的转子叶片 200 (示于图 1 中),以用于沿变桨轴线 (pitch axis) 34 对相关的转子叶片 200 的叶片桨距进行调整。三个桨距驱动系统 68 中只有一个示出在图 2 中。

[0070] 在示例性实施例中, 桨距组件 66 包括连接至毂 20 以及相应的转子叶片 200 (示于图 1 中) 的至少一个桨距轴承 72, 以用于使相应的转子叶片 200 围绕变桨轴线 34 旋转。桨距驱动系统 68 包括桨距驱动马达 74、桨距驱动齿轮箱 76 和桨距驱动小齿轮 (pitch drive pinion) 78。桨距驱动马达 74 连接至桨距驱动齿轮箱 76, 使得桨距驱动马达 74 向桨距驱动齿轮箱 76 施加机械力。桨距驱动齿轮箱 76 连接至桨距驱动小齿轮 78, 使得桨距驱动小齿轮 78 通过桨距驱动齿轮箱 76 进行旋转。桨距轴承 72 连接至桨距驱动小齿轮 78, 使得桨距驱动小齿轮 78 的旋转使桨距轴承 72 进行旋转。更具体地, 在示例性实施例中, 桨距驱动小齿轮 78 连接至桨距轴承 72, 使得桨距驱动齿轮箱 76 的旋转使桨距轴承 72 和转子叶片 200 围绕变桨轴线 34 旋转, 以改变叶片 200 的叶片桨距。

[0071] 桨距驱动系统 68 连接至控制系统 36, 以用于根据从控制系统 36 接收的一个或多个信号对转子叶片 200 的叶片桨距进行调节。在示例性实施例中, 桨距驱动马达 74 是任何合适的、能够使桨距组件 66 如本说明书所述地起作用的由电力和 / 或液压系统进行驱动的马达。或者, 桨距组件 66 可以包括任何合适的结构、构造、布置以及 / 或者例如但不限于液压缸、弹簧和 / 或伺服机构的部件。此外, 桨距组件 66 可以由例如但不限于液压流体的任何合适的装置、以及 / 或者例如但不限于感应弹簧力和 / 或电磁力的机械动力进行驱动。在特定实施例中, 桨距驱动马达 74 由从毂 20 的转动惯量和 / 或向风力涡轮机 10 的部件供给能量的储存能源 (未示出) 提取的能量进行驱动。

[0072] 图 3 示出了组装过程中的模块化转子叶片 200 的示例性实施例。在示例性实施例中, 转子叶片 200 包括三个段 210、220、230 以及线缆 260。每个段 210、220、230 都包括至少一个接触面 240。

[0073] 图 4 示出了图 3 所示的转子叶片, 其中在图 3 中不可见的元件以虚线示出。线缆 260 在转子叶片的尖端元件 230 的内侧固定至固定元件 290。在该实施例中, 这种固定是通过将线缆的端部层压至固定元件 290 而实现的。在其它实施例中, 应用了例如夹紧的其它固定方法。线缆 260 自固定元件沿通向中间元件 220 的方向穿过管 280 伸出。线缆 260 穿过另一个管 280 进一步伸出至中间元件 220 中, 并且穿过又一个管 280 伸出至中间元件 220 之外。线缆通过另一个管 280 进入根部元件 210 并且通过开口 256 离开该元件。因此, 线缆 260 自其位于尖端元件 230 中的固定点穿过转子叶片元件伸出。在该实施例中, 线缆 260 的与固定至尖端元件 230 的端部相对的端部通过开口 256 离开根部元件 210。管 280 可以具有不同的长度。在实施例中, 管 280 可以具有从 2cm 直到相应的转子叶片的整个长度的长度。更具体地, 该长度从 5cm 到 1m, 甚至更具体地, 从 10cm 到 40cm。即, 在一些实施例中, 一个管 280 可以自段的一端延伸至另一端, 而在其它实施例中, 一个管 280 设置在转子叶片段 210、220 的各个端部处。尖端段 230 通常只具有设置在一个端部处的一个管。

[0074] 在示例性实施例中, 通过如图 3 和图 4 中所示地定位转子叶片元件 210、220、230 对模块化转子叶片 200 进行安装。线缆 260 可以在工厂或者由工厂固定至尖端元件 230, 并且可以只在风力涡轮机的构造现场穿过其它的元件 220、210 插入。在其它实施例中, 线缆 260 还可以在现场组装的过程中应用和固定至尖端元件 230。在这种情况下, 尖端元件 230 必须设计成使得线缆可以在风力涡轮机的装配现场安装或者固定至固定元件 290。接着, 向线缆 260 的伸出根部元件 210 之外的端部施加力。由于线缆的另一端固定至尖端元件 230, 所以元件 210、220、230 将扎在一起, 从而使间隙 215、225 缩小直到间隙合拢, 这一过程包括

段 210、220、230 的接触面 240 抵接邻近的段 210、220、230 的接触面 240。

[0075] 图 5 示出了在间隙 215、225 已经通过张紧过程合拢之后的图 3 和图 4 所示的模块化转子叶片 200。在间隙合拢之后,继续对线缆 260 进行张紧。由于叶片元件 210、220、230 在其接触面 240 处相接触,因此叶片元件不能再进行移动。接着,张紧将使得线缆 260 的张力增大。如果达到预定张力,张紧过程停止并且线缆 260 被固定。在示例性实施例中,这是通过由夹紧机构 300 将线缆 260 夹紧实现的。同样,其它的固定方法也是可行的。线缆 260 的预定张力在很大程度上取决于模块化转子叶片的特性,例如取决于其形状、材料和构造。线缆中的张力可以由本领域技术人员公知的例如应变元件的多种方法在张紧过程中进行测量。在另一个实施例中,用于张紧或拉动线缆 260 的绞盘的转矩可以用来限定完成张紧过程的点。

[0076] 由于线缆 260 在受到张力的情况下进行固定,因此线缆 260 用作将转子叶片元件 210、220、230 连接在一起的固定元件。可对线缆的张力进行计算,使得线缆的张力足够大,以保持所组装的模块化转子叶片 200 在随后的风力涡轮机的安装和操作的过程中的每一个可能的条件下的稳定性。这包括在例如强风等情况下紧急停止的极限负载情况。线缆 260 通常包括钢、例如 V2A 或 V4A 的不锈钢、玻璃纤维、碳纤维或其结合。根据风力涡轮机安装的尺寸,线缆 260 可以具有从 10mm 到 80mm 的直径,更典型地从 20mm 到 70mm 的直径。管 280 典型地具有大于线缆直径的直径,管 280 的直径为大约 1mm 至 50mm,更典型地从 3mm 到 30mm。管可以包括金属、玻璃纤维或任何其它合适的材料。由于管通常并不承载很大的负载,因此不必将管设计为具有很高的强度以及刚度,但是管应当能够经受线缆 260 在安装过程中穿过管移动时所施加的摩擦力。在其它实施例中,管 280 由对线缆 260 进行引导的辊组件替代,例如作为非限制性示例的彼此偏置 120° 进行定位的三个圆柱辊。在其它实施例中,可采用其它的辊或管构造。

[0077] 图 3、图 4 和图 5 示出了模块化转子叶片 200 并且分别示出了安装过程以及以箭头示出所施加的力的张紧过程或拉动过程的原理。通过上述方法组装的转子叶片可以随后安装至地面上的转子毂 320。在其它实施例中,也可将经过组装的转子叶片单独提升至其在风力涡轮机塔架的位置、再安装至毂 320,毂 320 已经提前安装至机舱 16。

[0078] 在其它实施例中,叶片 200 的段的数目可以是不同的,例如从 2 个元件到 10 个元件。

[0079] 在所述的实施例中,由绞盘或液压缸施加张力。张紧装置必须相对于转子叶片的元件布置成使得由该装置施加在线缆上的力不会使得根叶片部 210 相对于拉动装置进行移动。在实施例中,拉动装置(即绞盘或液压缸)被限制在根叶片元件 210 的前面 295。对至少转子叶片元件 220 和 230 进行支承,使得其可沿需要跟随由线缆 260 所施加的力的方向自由移动。为此目的,可以将元件支承在辊(未示出)上,在其它实施例中,可以通过起重机保持这些元件。由于根叶片部 230 通常并不在张紧过程中进行移动,因此可以在地面上对根叶片部 230 稳定地进行定位。

[0080] 图 6 示出了另一个示例性实施例,其中转子叶片 200 同样在叶片的组装过程中安装至转子毂 320。附图示出了处于组装状态的转子 350。已经安装了一个转子叶片 360,而另一个叶片将使用前述的张紧方法进行组装。转子毂 320 位于地面上,使得用于转子叶片的凸缘或开口的纵向轴线与地面平行。接着通过参照图 3、图 4 和图 5 所述的方式将转子

叶片元件 210、220、230 定位为邻近毂 320。线缆 260 自根叶片元件 210 伸出至毂 320 中。例如电绞盘、液压绞盘或液压缸的张紧装置 330 用于张紧线缆 260。在示例性实施例中，张紧装置 330 位于毂 320 外侧。在该实施例中，线缆 260 通过至少一个滑轮 345 在毂 320 内重新导向，并且随后通过开口 335 导出到毂 320 之外。如前所述，必须抵接于毂 320 对装置 330 进行固定（未示出），使得拉力不会引起张紧装置 330 相对于毂 320 进行移位。在其它实施例中，张紧装置 330 可以位于毂 320 内部。可以在组装之后将其移除或者将其保留在毂内侧待以后使用。

[0081] 图 7 示出了在图 6 所示的过程之后放置在地面上的完成组装的转子 350。随后，能够例如通过起重机将转子提升至其在风力涡轮机塔架 12 上的位置。

[0082] 图 8 示出了对具有模块化转子叶片的风力涡轮机进行组装的示例性实施例。该模块化转子叶片与参照前述实施例所述的类似。首先，毂 320 安装至机舱 16，使得用于转子叶片的凸缘 370 面向地面。随后，从地面将根叶片部 210 向上提升至毂 320。为此目的，穿过所述元件的管 280（未示出）对线缆 260 进行引导，并且将线缆 260 固定在所述元件 210 的下端。接着通过位于毂 320 中或机舱 16 中的绞盘 330（仅示意性地示出）对线缆 260 进行牵拉。根据绞盘 330 的位置，必须通过一个或多个滑轮（未示出）在毂和 / 或机舱内部对线缆进行引导。一旦元件 210 处于其在毂的指定位置，其即被固定至毂 320。相应的方法对于本领域技术人员而言是众所周知的。接着从元件 210 松开线缆并且使其一端下垂至地面，以便提升下一个元件。随后，对元件 220（示于图 8 中）实施同样过程。当元件 220 被拉起并且与根叶片元件 210 进行接触时，其即被固定在这个位置。这可以通过螺钉和螺栓或者通过自毂或机舱的额外的线缆保持元件 220 将元件 210、220 连接在一起来实施。接着从元件 220 释放线缆 260。

[0083] 图 9 示出了待安装的第一转子叶片的尖端元件 230 如何拉起至已经就位的元件 210、220。和参照图 3、图 4 和图 5 所述的实施例中一样，一旦元件 230 就位，张紧过程就会持续直到线缆 260 的张力达到预定值。接着，线缆 260 通过夹紧机构固定在毂 320 内。一旦第一转子叶片完成，毂 320 就进行转动直到另一个凸缘 370 面向地面，并且下一个根元件 210 通过线缆 260 向上提升。这一过程示例性地示于图 10 中。为了使转子毂 320 转动，可以应用例如机舱中齿轮系高速段中的额外的马达。可以在安装过程完成之后移除这个马达。

[0084] 图 11 示出了根据实施例的模块化转子叶片 200。其原理与图 3 和图 4 所示的转子叶片类似，具有优选地可旋转地安装在尖端元件 230 中的额外的滑轮 380。线缆 385 在开口 265 处进入根元件 210 且穿过段 210、220、230 伸出，并且接着通过滑轮 380 重新导向。其接着穿过元件 210、220、230 伸出返回，并且线缆的端部 385 穿过开口 265 离开根元件 210。因此，线缆并不需要通过夹紧等连接至尖端元件 230。此外，由于滑轮用作传递装置，因此通过拉动线缆的一端来连接元件所需的力显著减少，理论上（当忽略摩擦时）减少至一半。线缆的两个部分都可以穿过相同的管 280 伸出，或者穿过专用的平行管伸出。

[0085] 在线缆 260 包括玻璃纤维的实施例中，可以通过测量玻璃纤维线缆光学特性的光学传感器对张紧过程中线缆中的应变进行测量。这些传感器还可以在风力涡轮机的操作过程中使用，以控制线缆的状态。

[0086] 上述系统和方法有利于在不易到达并且在组装过程中提供了有限空间的区域中

安装风力涡轮机。

[0087] 本说明书对用于具有模块化转子叶片的风力涡轮机的系统和方法的示例性实施例进行了详细描述。这些系统和方法并不限于本说明书所述的具体实施例,相反,可以与本说明书所述的其它部件和 / 或步骤独立地并且单独地利用系统的部件和 / 或方法的步骤。例如,模块化转子叶片并不限于仅通过本说明书所述的风力涡轮机系统实施。相反,能够结合许多其它的转子叶片应用来实施和利用这些示例性实施例。

[0088] 尽管本发明的各个实施例的具体特征可能会示于一些附图中而未示于其他附图中,但这仅仅是为了方便起见。根据本发明的原理,一个附图中的任何特征都可以结合任何其它附图的任何特征进行参考以及 / 或者要求保护。

[0089] 本说明书使用示例对本发明进行了公开,其中包括最佳模式,并且还使本领域技术人员能够实施本发明,其中包括制造和使用任何装置或系统并且执行所包含的任何方法。尽管本说明书已经对多个具体实施例进行了公开,但是本领域技术人员将认识到,权利要求的精神和范围允许同样有效的改型。特别是,本说明书所述的实施例的互相不排它的特征可以彼此结合。本发明的专利范围通过权利要求进行限定,并且可以包括本领域技术人员能够想到的其他示例。如果这些其它的示例包括与权利要求的字面语言没有区别的结构元件,或者如果这些其它的示例包括与权利要求的字面语言没有实质区别的等同结构元件,则期望这些其它的示例落入权利要求的范围中。

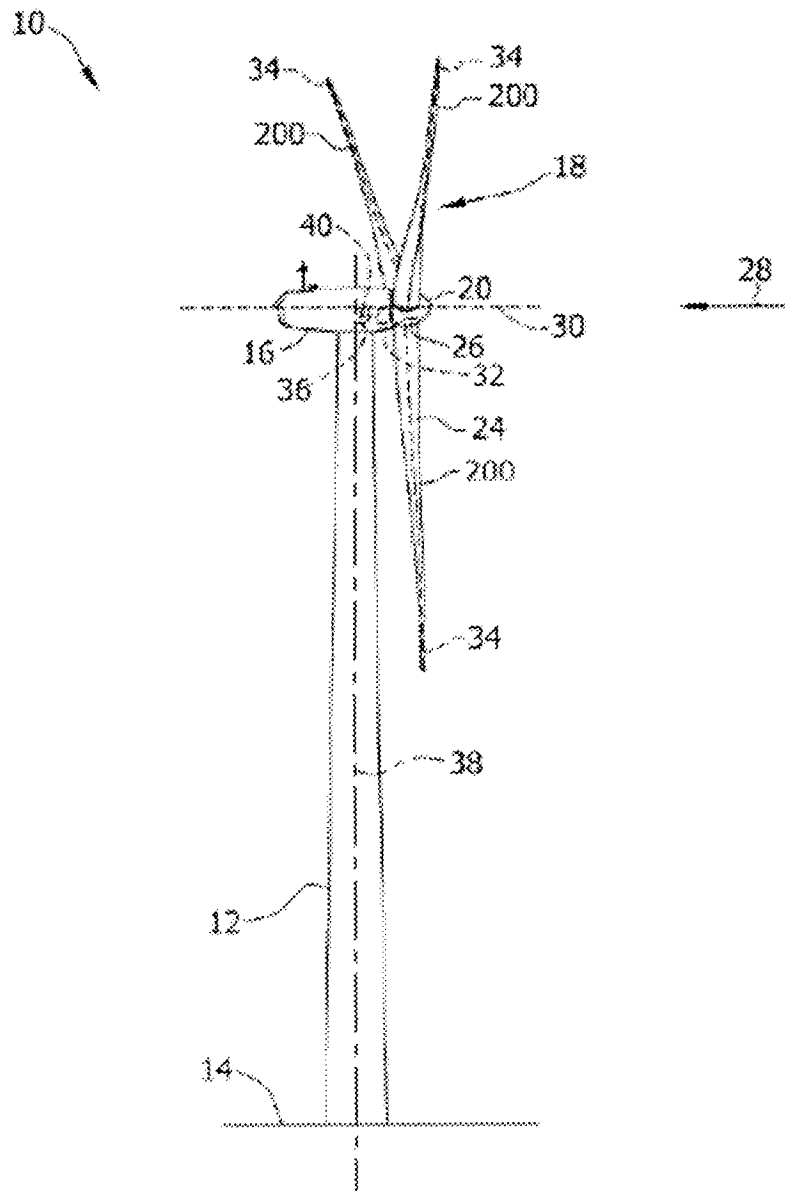


图 1

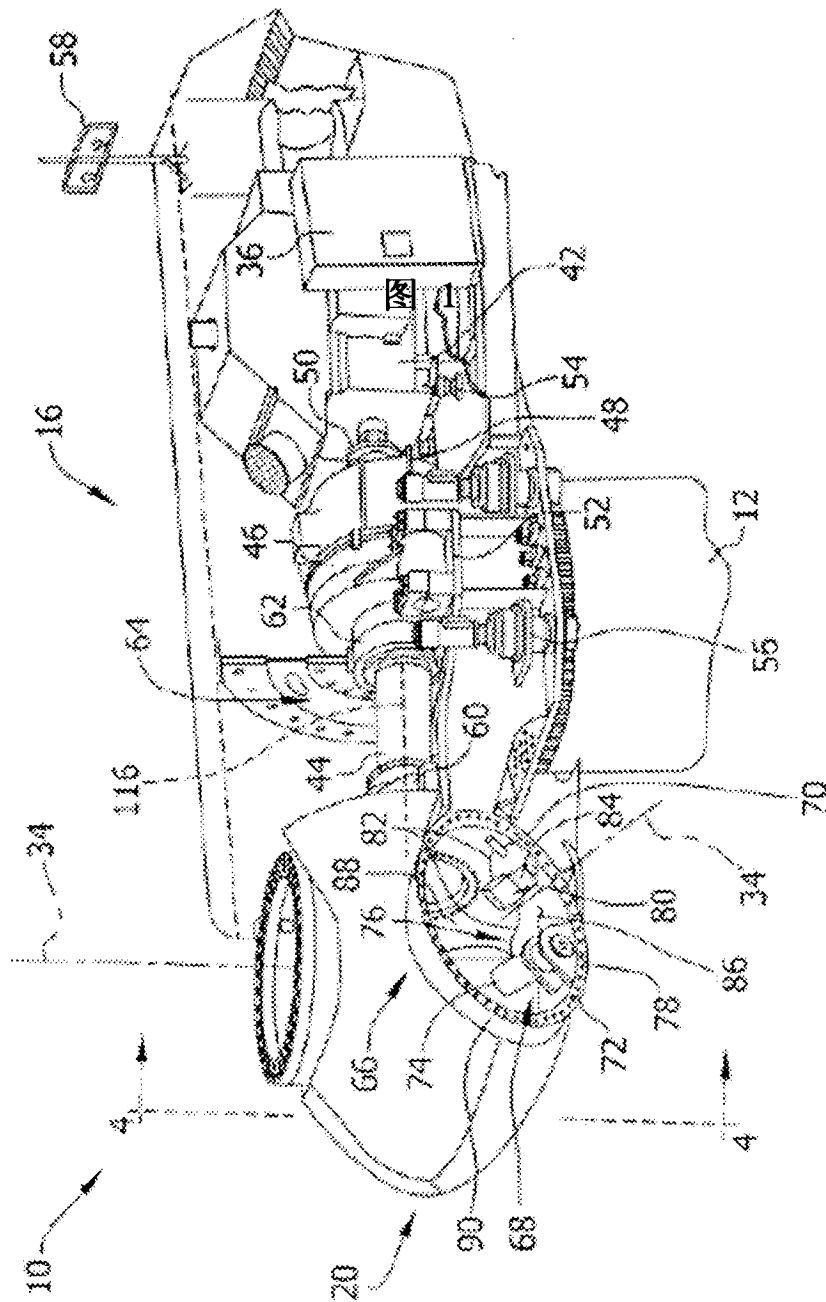


图 2

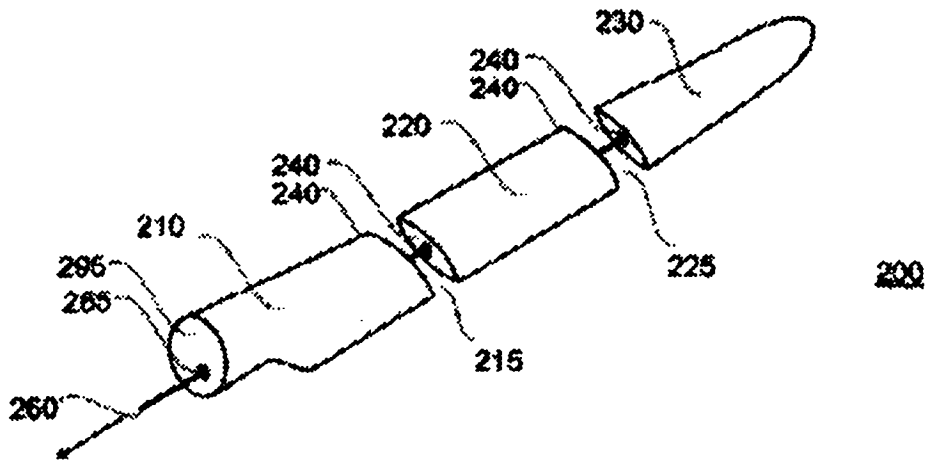


图 3

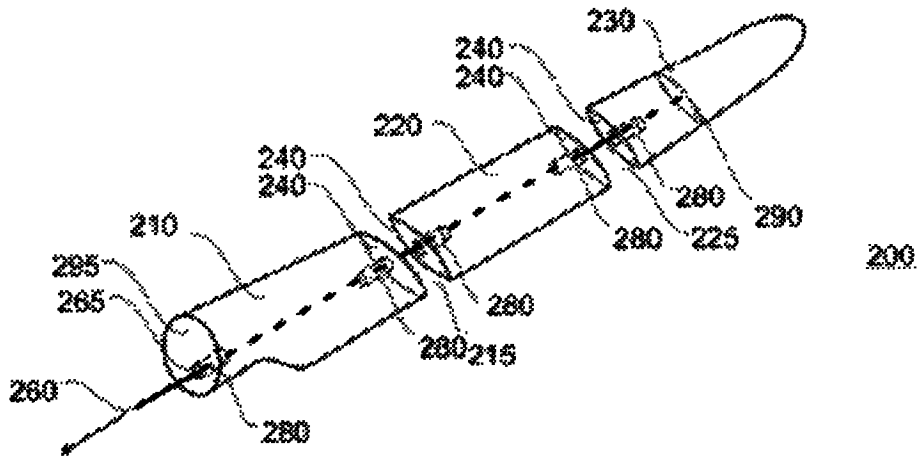


图 4

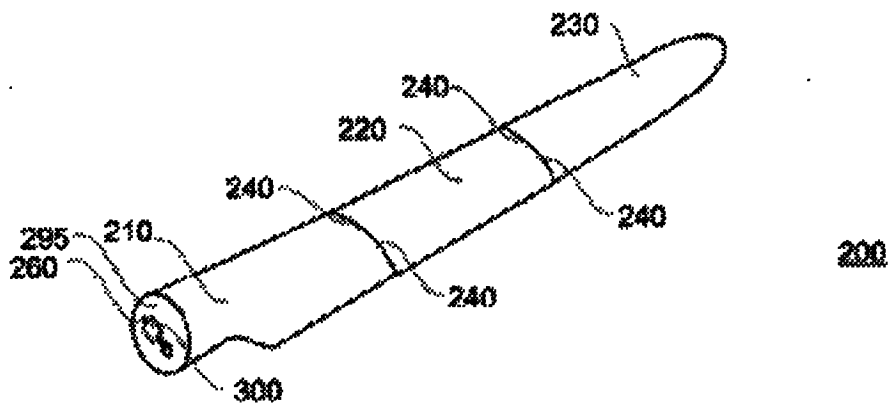


图 5

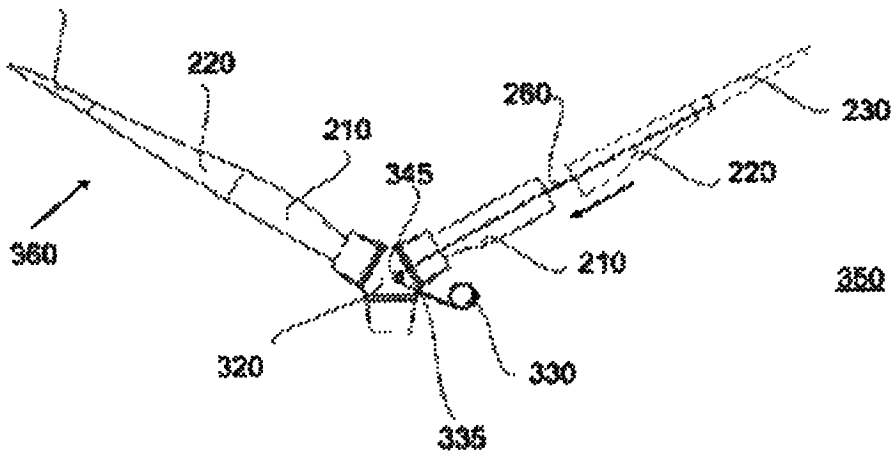


图 6

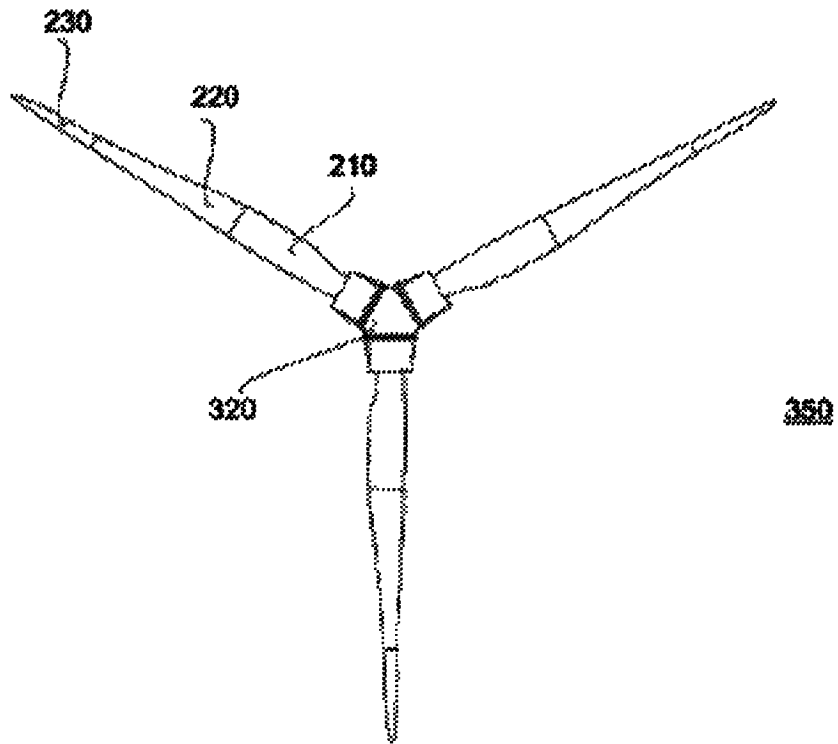


图 7

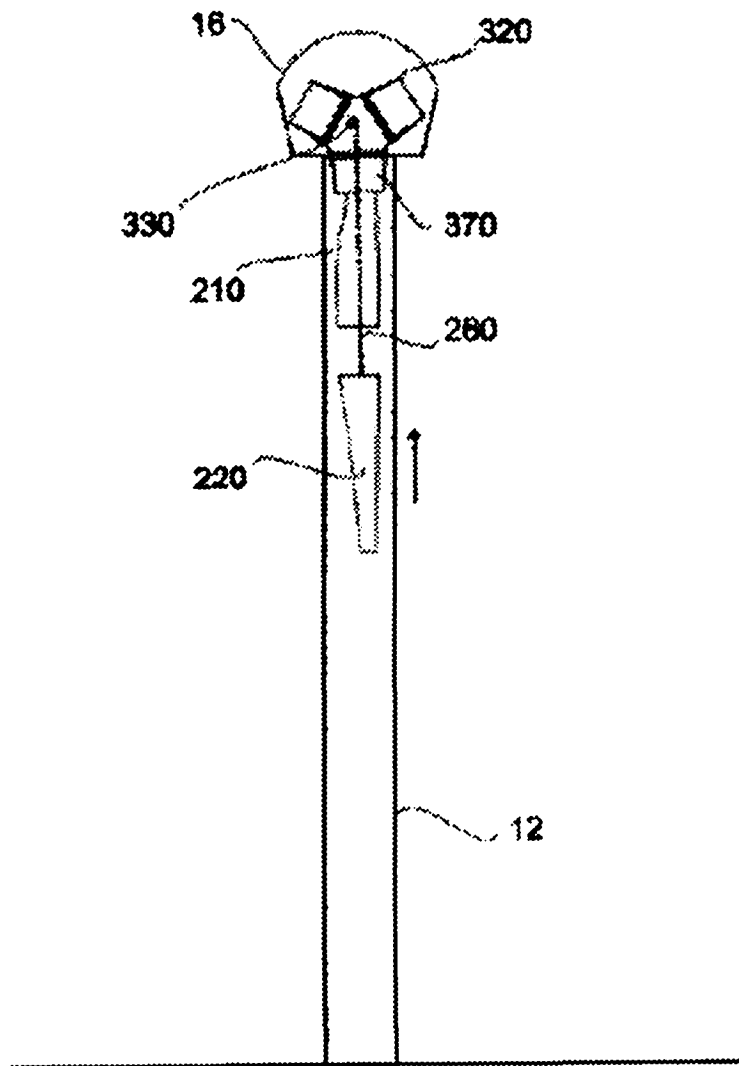


图 8

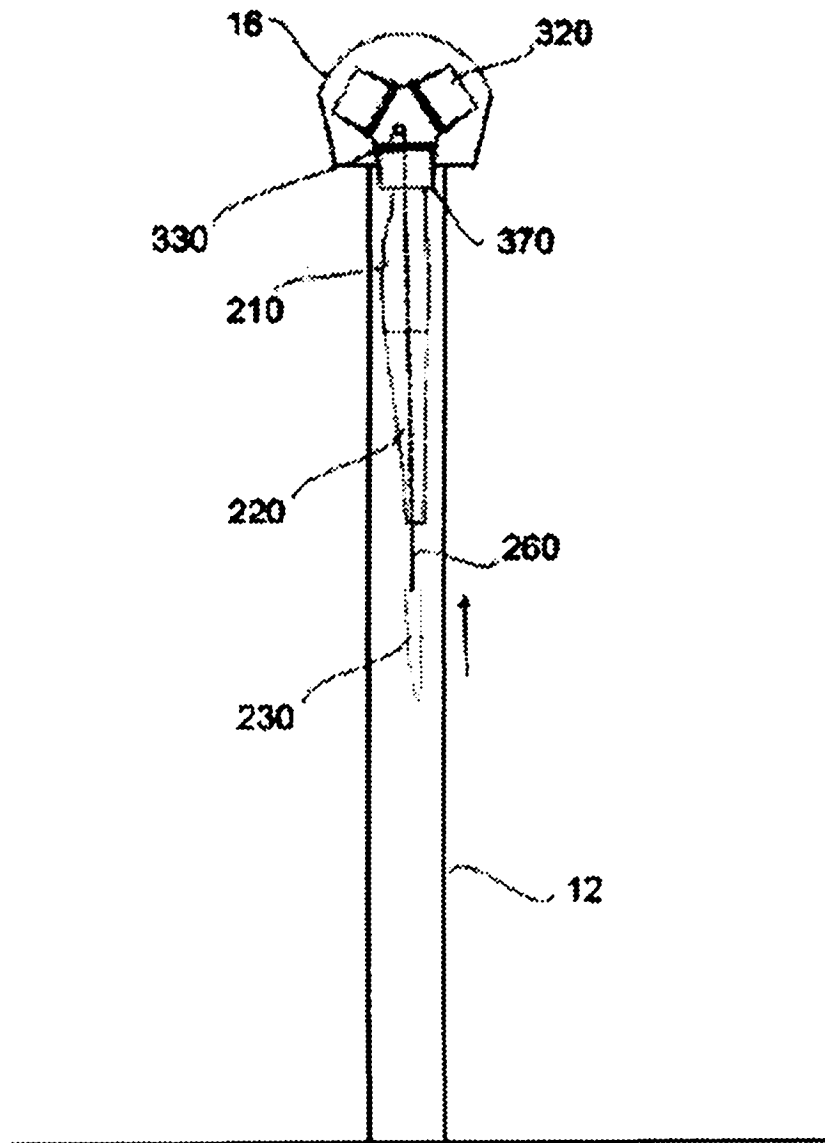


图 9

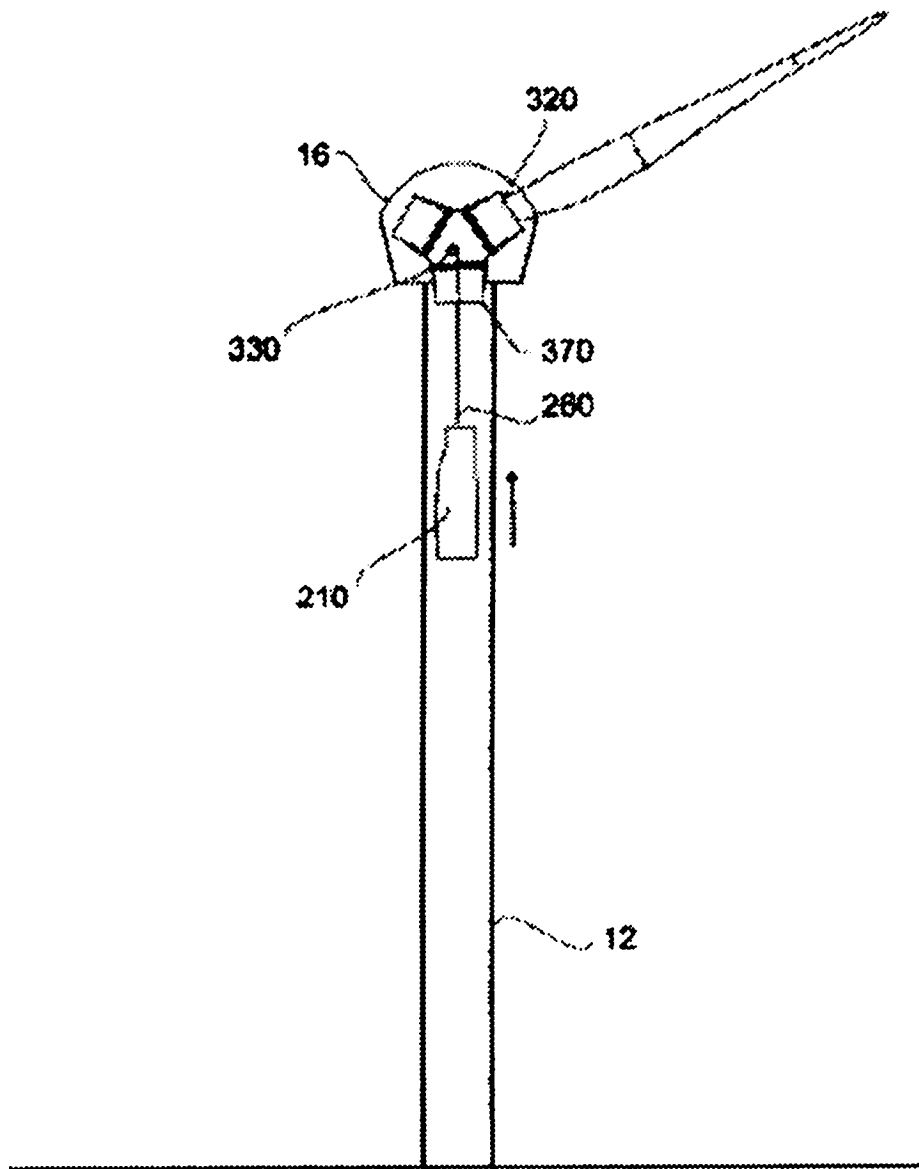


图 10

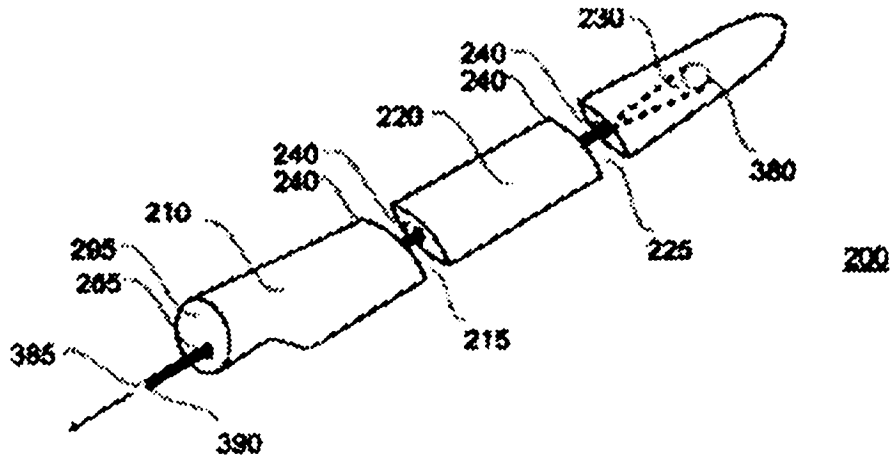


图 11