



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103226060 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201210021267.X

DE 102006002708 A1,2007.07.26,

(22)申请日 2012.01.31

US 5481356 A,1996.01.02,

CN 102313634 A,2012.01.11,

(73)专利权人 通用电气公司

审查员 李瑞丽

地址 美国纽约州

(72)发明人 万新军 凯文.G.哈丁 徐书宽

彼得.弗瑞兹 宋桂菊 谢广平

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 彭久云

(51)Int.Cl.

G01M 13/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2004/0057828 A1,2004.03.25,

US 2002/0125435 A1,2002.09.12,

US 2011/0103933 A1,2011.05.05,

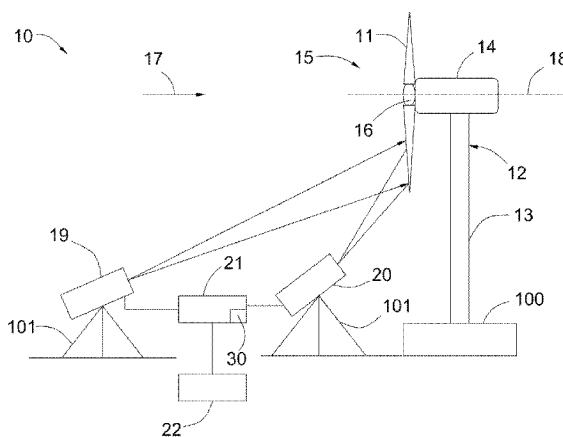
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

风力涡轮叶片的检测系统和方法

(57)摘要

本发明涉及一种可用于对运行中的风力涡轮机的叶片进行检测的检测系统和方法。该检测系统包括光投射单元、成像单元及处理单元。光投射单元可产生并投射光图样到运行中的风力涡轮机的叶片上。成像单元可在所述叶片的转动过程中对由投射到所述叶片上的所述光图样在所述叶片上所产生的多个扫描图案进行成像。处理单元可对来自于所述成像单元的所述成像的多个扫描图案进行处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。



1. 一种可用于对运行中的风力涡轮机的叶片进行检测的检测系统,包括:
光投射单元,其可产生并投射光图样到运行中的风力涡轮机的叶片上;
成像单元,其可在所述叶片的转动过程中对由投射到所述叶片上的所述光图样在所述叶片上所产生的多个扫描图案进行成像;及
处理单元,其可对来自于所述成像单元的所述成像的多个扫描图案进行处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。
2. 如权利要求1所述的检测系统,其中所述光投射单元相距于所述风力涡轮机的叶片一定的距离而设置,所述成像单元设置在所述光投射单元与所述叶片之间。
3. 如权利要求1所述的检测系统,其中所述光投射单元与所述成像单元可不动的设置在地面上。
4. 如权利要求1所述的检测系统,其中所述光投射单元与所述成像单元设置在所述风力涡轮机的机舱上。
5. 如权利要求1所述的检测系统,其中所述光图样可包括由至少一列光标记形成的光图样,其中所述至少一列光标记可包括沿由上而下设置的至少一个光标记。
6. 如权利要求5所述的检测系统,其中所述光图样包括多列光标记,每一列光标记包括一个光标记,且相邻的两个光标记沿由上而下的方向间隔设置。
7. 如权利要求5所述的检测系统,其中所述至少一个光标记包括光点或线性光线。
8. 如权利要求1所述的检测系统,进一步包括可用来触发所述成像单元对所述多个扫描图案进行成像的触发装置。
9. 如权利要求1所述的检测系统,其中所述处理单元可用来对所述扫描图案进行分离处理来获得在所述叶片的相应的转动周期内所述叶片上顺翼展方向的相应位置的摆振方向坐标。
10. 如权利要求1所述的检测系统,其中该检测系统可用来检测所述叶片的前后弯曲及扭曲中的至少一种。
11. 一种可用于对运行中的风力涡轮机的叶片进行检测的检测方法,包括:
产生并投射光图样到运行中的风力涡轮机的叶片上;
在所述叶片的转动过程中对由投射到所述叶片上的所述光图样在所述叶片上所产生的多个扫描图案进行成像;及
对来自于所述成像单元的所述成像的多个扫描图案进行处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。
12. 如权利要求11所述的检测方法,进一步包括可选择性的触发所述成像单元以对所述多个扫描图案进行成像。
13. 如权利要求12所述的检测方法,其中触发所述成像单元是基于当有所述叶片及无叶片通过一个视场时的灰度差来完成的。
14. 如权利要求11所述的检测方法,其中所述扫描图案被分别处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。
15. 如权利要求11所述的检测方法,其中所述处理多个扫描图案可产生在所述叶片的相应的转动周期内所述叶片上顺翼展方向的相应位置的摆振方向坐标。
16. 如权利要求11所述的检测方法,其中所述叶片的偏转可包括所述叶片的前后弯曲

及扭曲中的至少一种。

17. 如权利要求11所述的检测方法,其中所述光图样可包括由至少一列光标记形成的光图样,其中所述至少一列光标记可包括沿由上而下设置的至少一个光标记。

18. 如权利要求17所述的检测方法,其中所述光图样包括多列光标记,每一列光标记包括一个光标记,且相邻的两个光标记沿由上而下的方向间隔设置。

风力涡轮叶片的检测系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力涡轮机叶片(Wind Turbine Blade)的检测系统和方法,尤其涉及一种可对风力涡轮机叶片的偏转(Deflection)状态进行检测的检测系统和方法。

背景技术

[0002] 随着对环境及气候变化的持续关注,风力涡轮机已被广泛的应用来把风能转变为其他形式的可用能源,比如电能。特别的,风力涡轮机设置有叶片,其可扑捉风力的动能,并通过其转动把风力的动能转变为电能。

[0003] 在能量的转变过程中,为了提高能量的输出,风力涡轮机的叶片通常具有较大的尺寸。然而,由于风力涡轮机叶片的大尺寸的影响,在风力涡轮机运行过程中,风力载荷(Wind Load)会导致叶片发生偏转,这可增加叶片因疲劳而失效的风险,同时也增加了叶片与风力涡轮机塔架发生碰撞的可能性。因而,就有必要对风力涡轮叶片的偏转状况进行检测,这样不仅能通过真实的运行数据来验证叶片的设计,而且能在风力涡轮机运行过程中对叶片的健康状态进行评估。

[0004] 目前,已经有一些尝试来检测风力涡轮机叶片的偏转状态,比如在叶片上安装有感应器来对叶片的偏转状态进行检测。然而,这样的方式需要对叶片进行改动来安装感应器,而且增加的风力涡轮机安装和维护的难度。

[0005] 所以,需要提供一种新的对风力涡轮机叶片进行检测的系统和方法。

发明内容

[0006] 本发明的一个实施例提供了一种可用于对运行中的风力涡轮机的叶片进行检测的检测系统。该检测系统包括光投射单元、成像单元及处理单元。该光投射单元可产生并投射光图样到运行中的风力涡轮机的叶片上。该成像单元可在所述叶片的转动过程中对由投射到所述叶片上的所述光图样在所述叶片上所产生的多个扫描图案进行成像。该处理单元可对来自于所述成像单元的所述成像的多个扫描图案进行处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。

[0007] 本发明另一个实施例提供了一种可用于对运行中的风力涡轮机的叶片进行检测的检测方法。该检测方法包括产生并投射光图样到运行中的风力涡轮机的叶片上;在所述叶片的转动过程中对由投射到所述叶片上的所述光图样在所述叶片上所产生的多个扫描图案进行成像;及对来自于所述成像单元的所述成像的多个扫描图案进行处理以对所述叶片的偏转状态进行检测。

附图说明

[0008] 通过结合附图对于本发明的实施例进行描述,可以更好地理解本发明,在附图中:

[0009] 图1为本发明风力涡轮机叶片的检测系统的一个实施例的示意图;

[0010] 图2为本发明风力涡轮机叶片的检测系统的光投射单元的一个实施例的示意图;

[0011] 图3到图7为本发明投射到风力涡轮机叶片上的光投射图案的多个实施例的示意图；

[0012] 图8为本发明风力涡轮机叶片的检测系统的另一个实施例的示意图；及

[0013] 图9为图1所示的风力涡轮机叶片的检测系统所检测的叶片上的顺翼展方向(Spanwise)的三个位置的摆振方向(Flapwise)坐标(Coordinate)的实验曲线图。

具体实施方式

[0014] 图1所示为本发明的可用来对风力涡轮机12的叶片11进行检测的检测系统10的一个实施例的示意图。如图1所示,风力涡轮机12包括塔架(Tower)13、设置在塔架13上端的机舱(Nacelle)14及转子(Rotor)15。塔架13自支撑装置100,如地面或平台向上延伸,其具有适当的高度及形状并在机舱14和支撑装置100间定义有空腔(未图示)。转子15设置有可转动的轮毂16及至少一个叶片11。可转动的轮毂16与机舱14相对接,叶片11设置在轮毂16上并从该轮毂16向外延伸。

[0015] 在图1所示的实施例中,风力涡轮机12设置有多片叶片11,比如三片叶片。叶片11围绕着轮毂16设置并彼此间隔一定的距离,这样,叶片11就可随着转子15的轮毂16的转动而转动,从而捕获风力的动能(Kinetic Energy)并通过转动把该动能转变成其他形式的能量,如电能。

[0016] 在一些实施例中,每一个叶片11的长度可处于从15米到91米的范围内。在另一些实施例中,每一个叶片11具有其他合适的长度来捕获风力的动能。这样,在风力涡轮机12运转过程中,风力可沿着方向17击打叶片11,转子15沿着转动方向18进行转动从而带动叶片11转动来捕获并传输风能。

[0017] 可见,在风力涡轮机12的运转过程中,叶片11可受到风载或其他力量的影响,比如离心力的影响,这就可导致叶片11发生偏转而使其从中性或非偏转位置偏转到偏转位置。在本发明实施例中,为了确保风力涡轮机12安全稳定的运行,检测系统10被用来对风力涡轮机12的叶片11的偏转(Deflection)状态进行检测从而来评估叶片11在运行过程中的健康状态及利用检测得到的现场数据来验证叶片的设计。所谓的“偏转”可包括叶片的扭转(Torsional Twist)及/或叶片的前后(或摆振)方向的弯曲(Flapwise Bending)。

[0018] 在本实施例中,尽管风力涡轮机12为水平轴风力涡轮机(Horizontal Axis Wind Turbine),在其他示例中,风力涡轮机12也可为垂直轴风力涡轮机(Vertical Axis Wind Turbine)。为了便于说明,风力涡轮机12的一些元件未图示。

[0019] 在图1中,检测系统10包括有光投射单元19、成像单元20、处理单元21及监控装置22。在本发明实施例中,光投射单元19可用来投射至少一种光图样(Light Pattern)到风力涡轮机12的叶片11上。在本实施例中,该光投射单元19独立设置。在其他示例中,光投射单元19也可与处理单元21相连接并受其控制来产生并投射光图样。

[0020] 在一些示例中,光投射单元19可包括至少一个光源,其可直接产生并投射光图样到相应的叶片11上。在非限定示例中,光投射单元19可进一步包括光源元件,其包括但不限于透镜,从而来便于把来自光源的光图样投射到相应的叶片11上。

[0021] 在一些应用中,光源可包括白光源(White Light Source)。另外,光源也可包括汞弧灯、金属卤化物弧光灯、卤素灯、磷光体镭射系统、光纤耦合激光、发光二极管(Light-

emitting Diode, LED)光源及激光。图1中所示的三角架101和触发装置30会在下面进行描述。

[0022] 图2所示为本发明光投射单元19的一个实施例的示意图。如图2所示,光投射单元19包括多个光源23从而投射多个光图样到叶片11上。在其他实施例中,也可仅设置一个光源23并借助于分光装置(未图示)来投射一种或多种光图样到叶片11上。

[0023] 在非限定示例中,光投射单元19可投射不同的光图样到相应的叶片11上。图3到图7所示为投射到风力涡轮机叶片11上的光投射图案的多个实施例的示意图。为了便于说明,如图3到图7所示,光图样可用圆形的光标记(Light Marker),比如光点(Light Dot)来表示,而且这些投射到叶片11上的光标记是当叶片11没有转动或以较低的速度转动时获得的。虽然当叶片11以较高的速度转动时,投射到其上的光标记的形状会发生改变,但是对本发明实施例中的处理方法仍然可以应用其上。

[0024] 如图3所示,光图样24包括一列由四个光标记25组成的图样。该四个光标记25沿着由上而下的方向26设置且彼此相隔一定的距离。在本示例中,光标记25为光点。基于不同的检测需求,相邻的光标记25间的距离也可随着变化。

[0025] 在一些应用中,光图样24可包括多列由光点25组成的图样。其中,每一列包括至少一个光点25。如图4所示,光图样24包括四列光点,每一列包括一个光点25。在本实施例中,四列光点25沿着由上而下的方向26设置且彼此间相距一定的距离,从而光点25未设置在同一行中而是以交错的形式设置。在其他示例中,光点25也可沿着从左向右的方向27(如图5所示)设置在同一行中。

[0026] 在一个实施例中,如图5所示,光图样24包括两列光点25,该两列光点25彼此平行设置,其中每一列均包括多个光点25。在本实施例中,相邻的位于不同列中的光点25可沿着从左向右的方向27设置在相应的相同行中。在其他应用中,相邻的位于不同列中的光点25也可不设置相应的相同行中,而是与如图4所示实施例相似,以交错的形式设置。

[0027] 此外,光图样24也可包括其他形式,比如包括至少一个以线性光线形式设置的光标记28。如图6所示,该光标记28中线性光线可沿着由上而下的方向26彼此间隔设置。在其他应用中,如图7所示,光图样24也可包括由相交的线性光线28、29组成的图样。与图3中所示的实施例相似,相邻的光线28或29间的距离可以相同或不同。

[0028] 在本发明实施例中,光图样24可包括但不限于图3到图7所示的实施例中的图样。在非限定示例中,光图样24可包括如图4中所示的图样,这样,由于光点25的交错设置,检测系统10不仅可对叶片11的前后弯曲(Flapwise Bending)状态进行检测,而且可对叶片11的扭曲(Torsional Twist)状态进行检测。基于光图样24的不同设置,光投射单元19的至少一个光源23可进行相应的设置,比如设置有可排列成一列或多列的多个光源23。

[0029] 在图1所示的实施例中,成像单元20可用来捕获投射到叶片11上的光图样从而进行成像并把成像的光图样传输给处理单元21进行处理。在非限定示例中,来自于叶片11的成像的光图样可为光曲线。

[0030] 在一些示例中,成像单元20可包括一个或多个电荷耦合元件(Charge-coupled Device, CCD)或其他任何合适的具有较高的光感应像素以对投射到叶片11上的光图样的光级度(Light Level)进行感应的成像装置。在一定的应用中,叶片11可在风力涡轮机12运行过程中以较高的速度转动,从而成像单元20可包括高速成像装置。

[0031] 处理单元21可用来对来自成像单元20的成像进行分析处理从而确定其内含有的位置信息。在一个非限定示例中,处理单元21可分离的对来自成像单元20的成像进行处理。所谓“分离的”可指一个图像的处理与另一个图像的处理是分离的,这样就可根据被处理的图像而得到各自相应的处理结果。监控装置22与处理单元21相连接,其可包括显示装置,如液晶显示装置来显示分析结果,便于使用者观察。

[0032] 在一些实施例中,处理装置21不限于任何特定的可用来执行本发明处理任务的装置。在本发明实施例中,处理装置可表示任何能够进行运算或计算,对执行本发明的任务而言是必要的装置。如本领域技术人员所理解的,处理装置还可表示任何能够接收输入并按照规定规则处理该输入,从而产生输出的装置。

[0033] 在非限定示例中,为了便于成像单元20可以及时的捕获投射到叶片11上的光图样,成像单元20可进一步设置有触发装置30来触发该成像单元20来捕获相应的投射到叶片11上的光图样。比如,当有叶片及没有叶片通过成像单元20的视场(Field of View,FOV)时,成像单元20所感应的图像的灰度(Gray Scale)是不同的。这样,当灰度差达到一定的水平,触发装置30可对成像单元20进行触发以使其对投射到叶片11上的光图样进行成像来节省成像单元的容量。在其他应用中,触发装置也可设置在处理单元21上来触发成像单元20。

[0034] 在图1所示的实施例中,光投射单元19与成像单元20相对于风力涡轮机12的位置是固定的,从而便于对叶片11进行检测。光投射单元19设置在风力涡轮机12的前方并与其相距一定的距离。成像单元20设置在风力涡轮机12和光投射单元19间。尽管光投射单元19与成像单元20分离设置并通过三脚架101进行支撑来进行检测,在一些应用中,光投射单元19与成像单元20也可一体设置,比如设置在相同的支撑件上(未图示)。

[0035] 继续如图1所示,光投射单元19与成像单元20设置在地面上并朝上面向叶片11来进行检测。在其他示例中,光投射单元19与成像单元20也可设置在其他位置,比如如图8所示的设置在风力涡轮机12的机舱14的外部上表面31上。这样,光投射单元19设置在叶片11的后方并相距一定的距离。成像单元20同样设置在叶片11和光投射单元19间。

[0036] 图1和图8所示的实施例仅是示意性的。在非限定示例中,光投射单元19和成像单元20也可设置在机舱14的外部下表面32上。此外,光投射单元19与成像单元20也可设置在机舱14的内部下表面(未标注)上。

[0037] 在本发明的一个示例中,为了便于说明,以包括有一列三个光点的光图样24及一个叶片11为例来说明本发明检测系统10的对叶片11的检测。在本示例中,当叶片11在每一个转动周期(Rotation Cycle)中,每一个光点对叶片11上的相应的弦向(Chordwise)截面进行扫描,从而在叶片的多个转动周期内得到多个相应的扫描图案(Scanning Profile)。所谓的“转动周期”可指叶片转动360度为一个转动周期。如前所述,由于叶片11的转动,在一定的转动速度时,扫描图案可为光曲线而非光点。

[0038] 随后,成像单元20在转动周期内对相应的扫描图案进行成像。在非限定示例中,触发装置30可用来控制成像单元20对扫描图案进行成像。最后,成像单元20把成像的扫描图案传输给处理单元21进行处理,从而确定叶片11上相应的顺翼展方向的位置的摆振方向的位置信息。在一定的示例中,对于每一个成像的扫描图案,其上多个数据点可被选择并进行处理来确定相应的坐标值,从而得到一个平均坐标值或最大的坐标值,其可作为叶片11上的一个顺翼展方向位置在一个转动周期内位置信息的反映。

[0039] 在一定的应用中,在处理过程中,处理单元21可对位置信息,比如图像中的数据点的坐标进行标定,从而把其转化成真实的空间坐标来获得叶片11上相应的顺翼展方向的位置的真实的空间位置信息。

[0040] 这样,基于获得的位置信息,比如在叶片的转动周期内通过光点的扫描而获得的坐标值,叶片11上的每一个相应的顺翼展方向的位置的坐标的变化就可确定,从而便可对叶片11的偏转状态进行检测。尽管检测是在叶片的转动过程中完成的,本发明检测系统10也可当叶片处于中性或非偏转状态时对其进行检测,这样就可与叶片处于运转状态时的检测结果进行比较。

[0041] 图9所示为叶片转动过程中所检测的叶片上的顺翼展方向的三个位置的摆振方向(Flapwise)坐标(Coordinate)的实验曲线图。如图9所示,在本示例实验中,曲线33、34、35可表示叶片11上顺翼展方向的三个位置的相应的摆振方向坐标的变化,其是在叶片的转动过程中通过三个光点的扫描而获得的。曲线上的每一个点可表示叶片11上的顺翼展方向的位置在叶片的一个转动周期内的一个坐标点。

[0042] 这样,在相同的曲线上,在一个转动周期内通过相应的光点的扫描所获得的坐标可与在上一个转动周期及/或下一个转动周期内通过该光点的扫描所获得的坐标进行对比,从而可获得在叶片转动过程中叶片上的该顺翼展方向的位置的位置变化信息。比如,在不同的转动周期内通过相同的光点所获得的坐标点,如曲线33上的点A和点B,曲线34上的点C和点D,或曲线35上的点E和点F便可进行比较来反应叶片11上的相应的顺翼展方向的位置的变化。

[0043] 此外,在相同的转动周期内通过不同的光点的扫描所获得的坐标点,如曲线33、34、35上的点A、点C及点E或点B、点D及点F可进行比较来反应叶片11运转过程的状态变化。在其他示例中,在不同转动周期内的不同曲线上的坐标点,比如点A、点D及点F也可进行比较来确定叶片的偏转状态。基于对检测系统10所检测到的位置信息的分析,叶片11的偏转,比如叶片的扭转及/或叶片的前后方向的弯曲可被确定从而来确保风力涡轮机12的安全及稳定的运行。

[0044] 在本发明实施例中,检测系统10设置有光投射单元19和成像单元20来对风力涡轮机12的叶片11进行检测。基于系统10的检测,叶片11的偏转状态可被确定,从而便于在叶片的运行过程中对叶片的健康状态进行评估,而且也可通过实地的检测对叶片的设计提供有用的信息。与传统的检测系统相比,本发明实施例的检测系统10具有相对简单的结构从而扩展了其使用范围。此外,本发明实施例的检测系统10不仅可对叶片11的前后弯曲状态进行检测,而且可对叶片11的扭曲状态进行检测。

[0045] 虽然结合特定的实施例对本发明进行了说明,但本领域的技术人员可以理解,对本发明可以作出许多修改和变型。因此,要认识到,权利要求书的意图在于覆盖在本发明真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

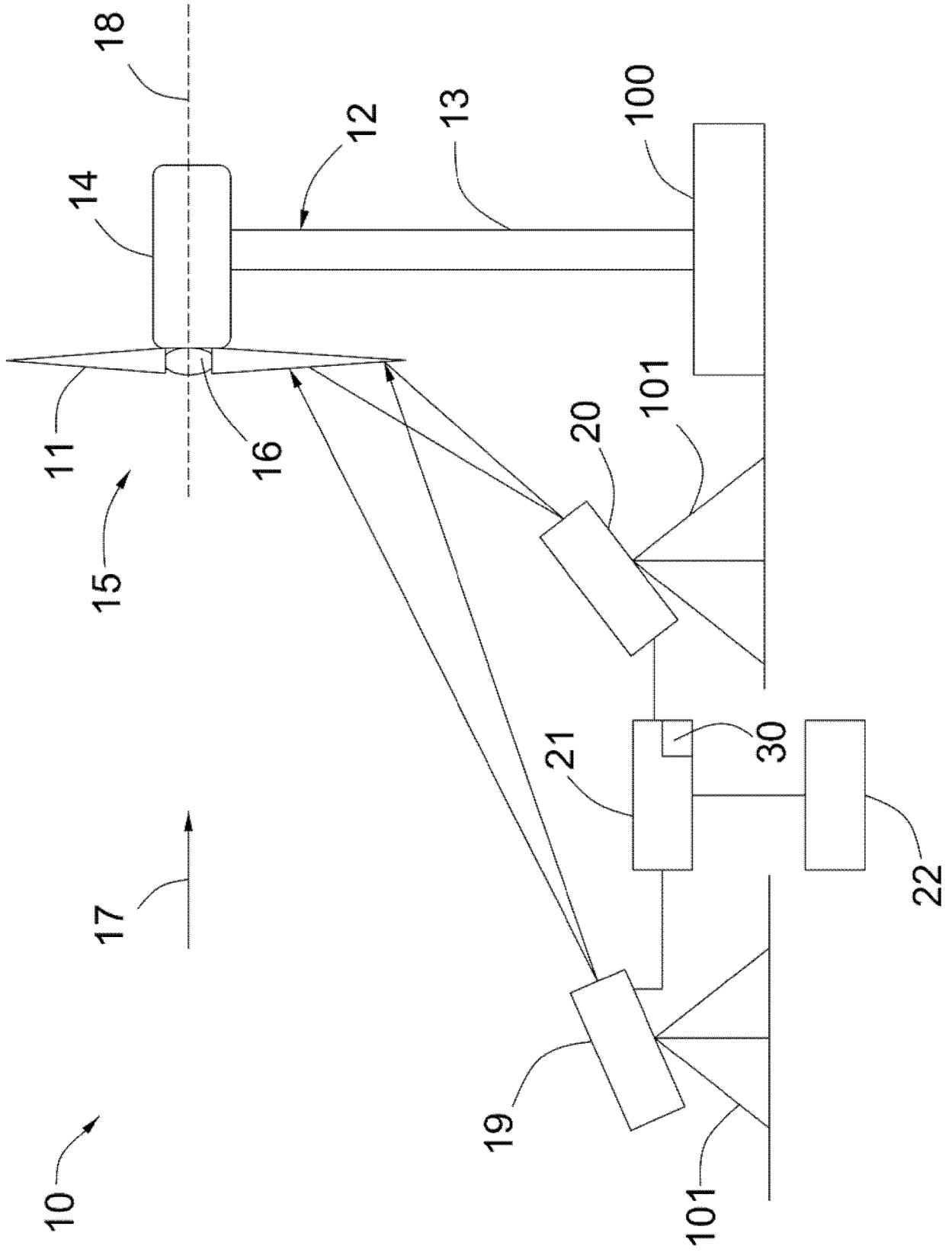


图1

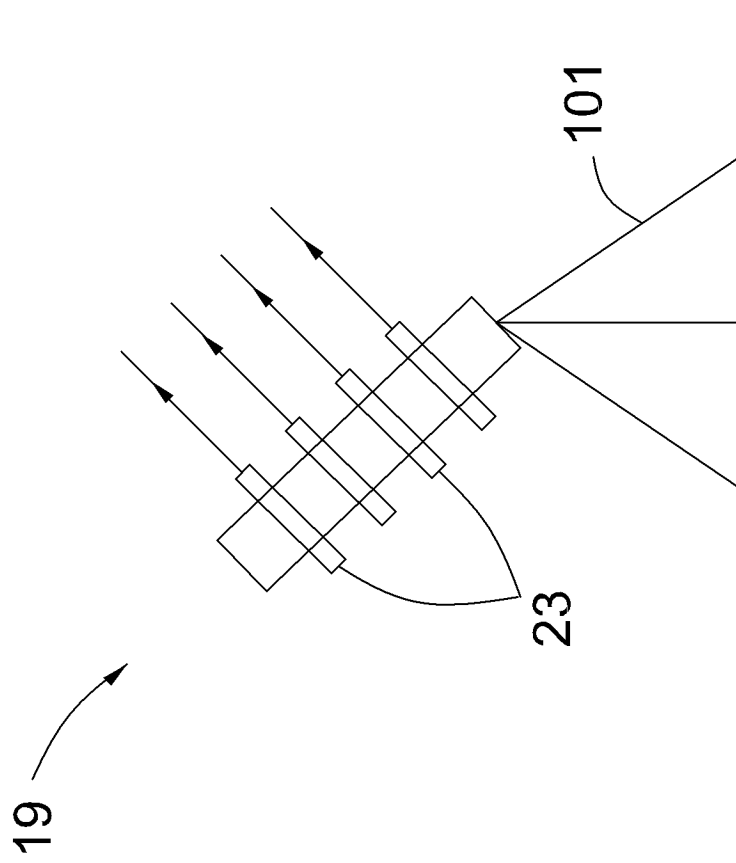


图2

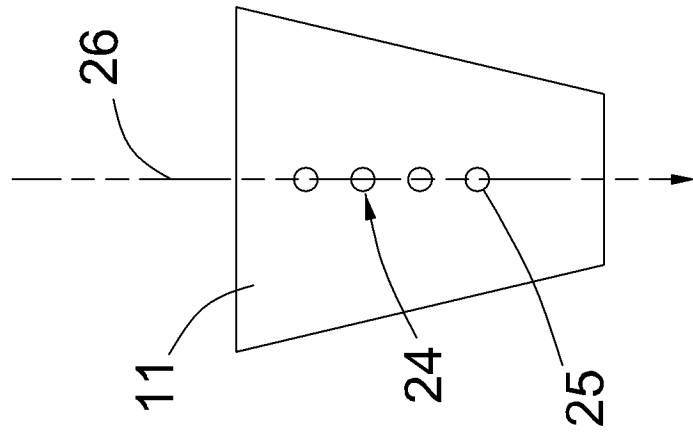


图3

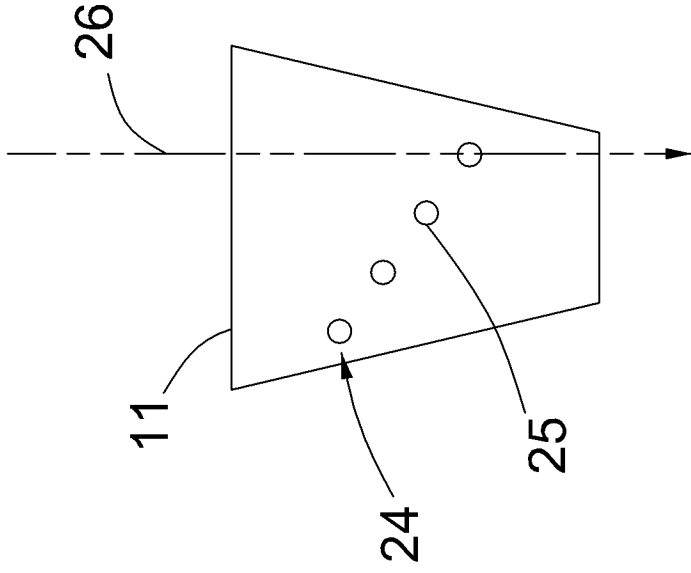


图4

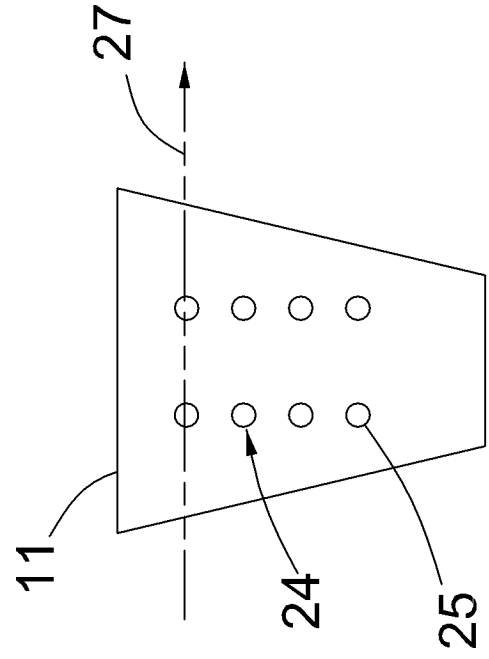


图5

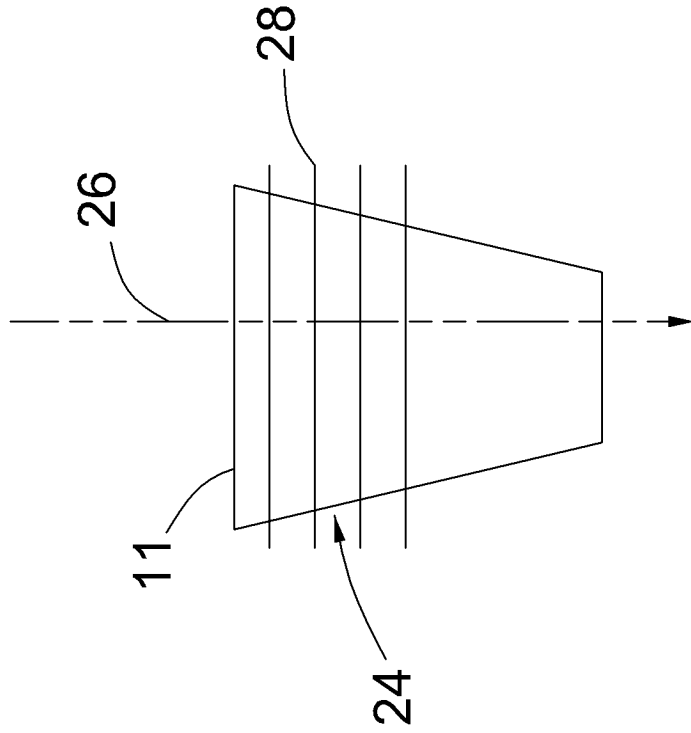


图6

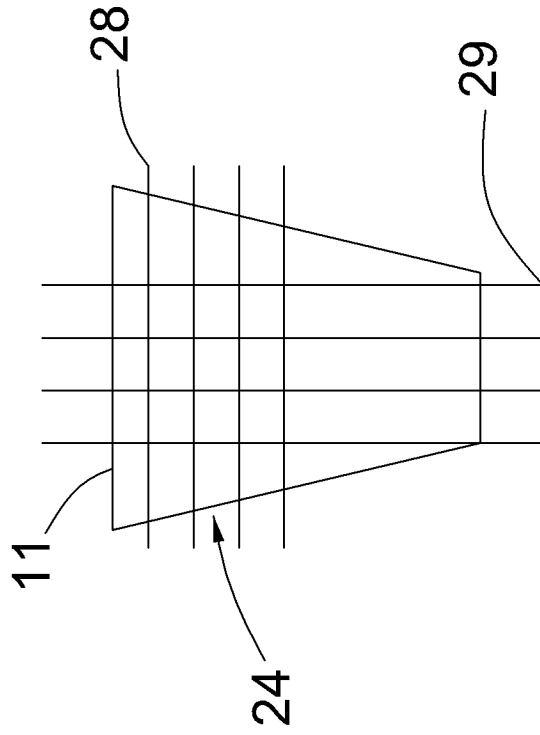


图7

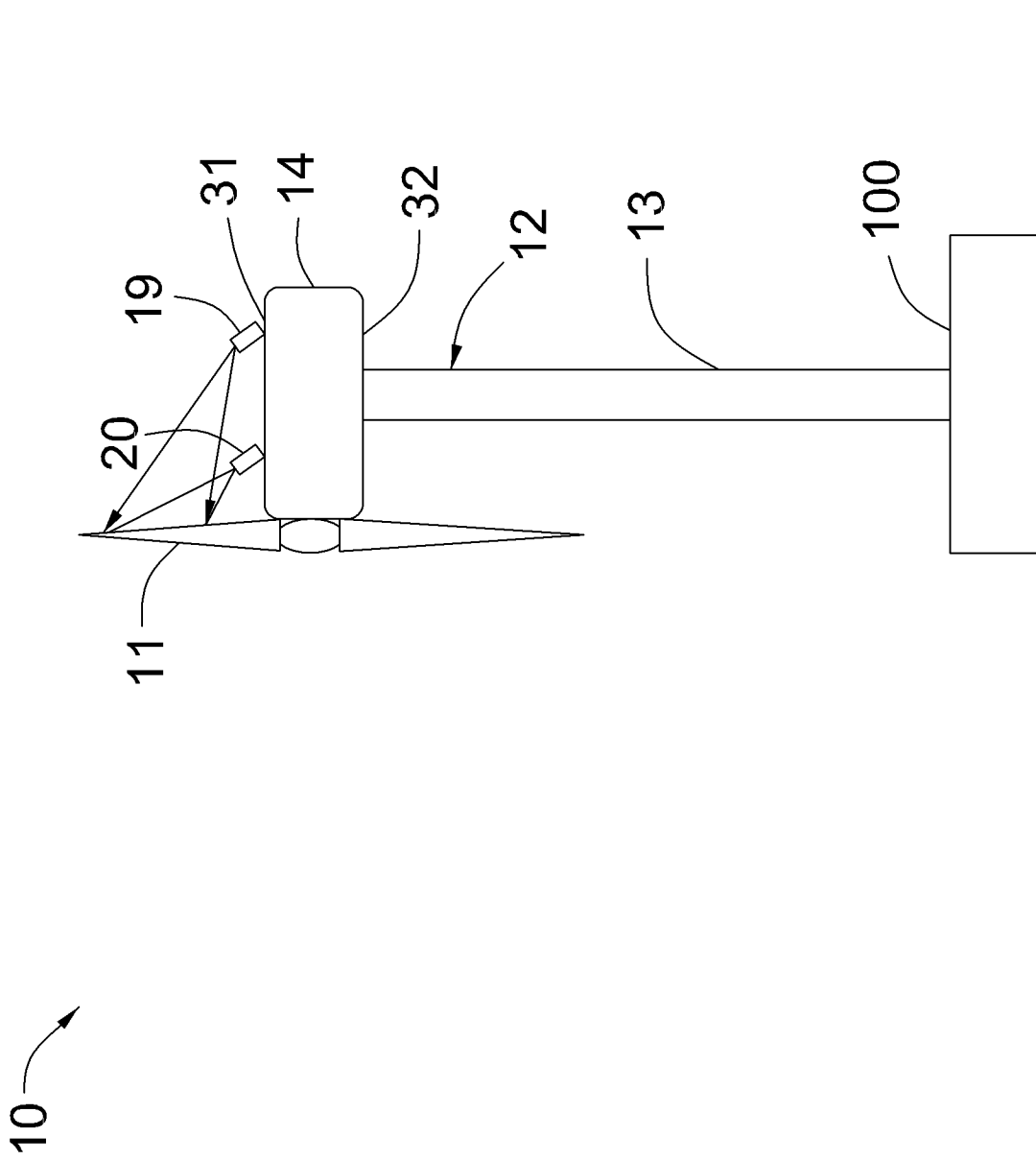


图8

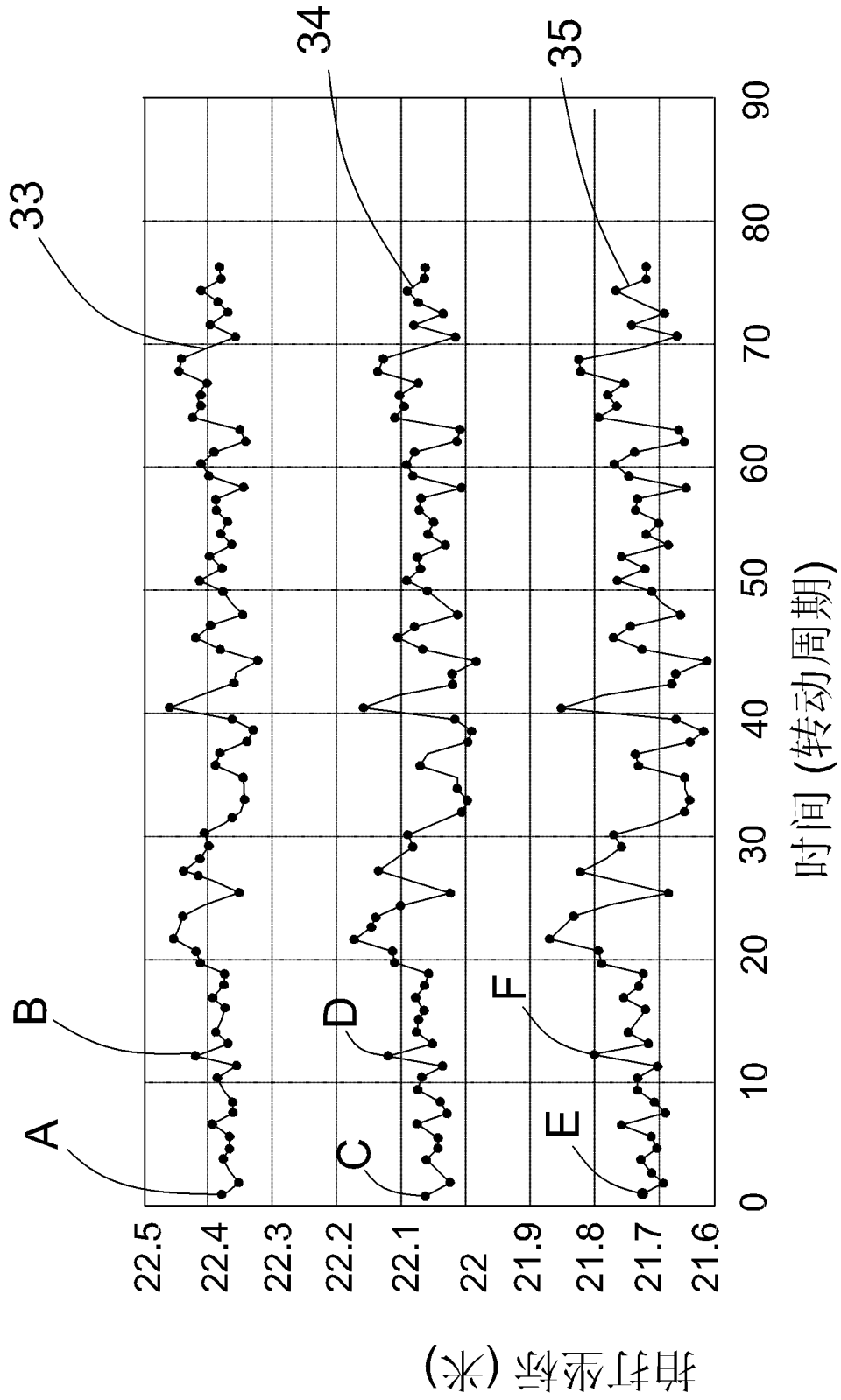


图9