



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101400891 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 06

(21) 申请号 200780008956. 4

(56) 对比文件

(22) 申请日 2007. 03. 13

CN 1511231 A, 2004. 07. 07, 说明书第 3-8 页
和附图 1-14.

(30) 优先权数据

PI0600613-2 2006. 03. 14 BR

CN 1511231 A, 2004. 07. 07,

CN 1780983 A, 2006. 05. 31, 全文.

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

审查员 张炜

2008. 09. 12

(86) PCT 国际申请的申请数据

PCT/IB2007/050855 2007. 03. 13

(87) PCT 国际申请的公布数据

W02007/105174 EN 2007. 09. 20

(73) 专利权人 泰克西斯先进技术及体系公司

地址 巴西索罗卡巴

(72) 发明人 本托·马萨希科·科伊克

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

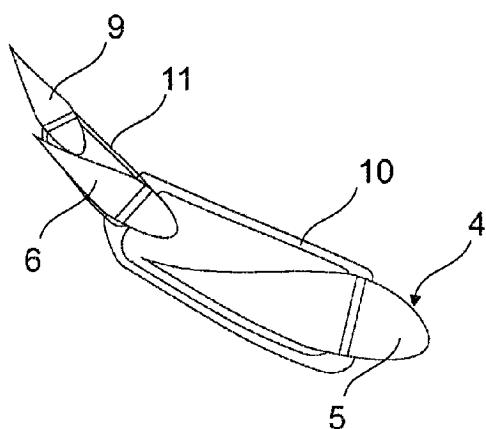
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

具有气动轮廓的多元件叶片

(57) 摘要

本发明的目的是获得用于大尺寸的水平轴线风力涡轮机的转子叶片，该叶片容许方便的运输、搬运和存储且与此同时保证风能使用的更高效率。本发明产生了由两个或多个元件(5、6、9)组成的叶片(4)，这些元件并行地布置且优选地彼此之间固定，以使得在所述元件之间引起气动干扰。



1. 一种具有气动轮廓的多元件叶片，所述叶片用于具有水平旋转轴线的风力涡轮机转子，且所述叶片垂直于所述旋转轴线，

其中，至少一个所述叶片包括至少两个元件：具有气动轮廓的主元件（5）和具有气动轮廓的至少一个补充元件（6 ;9），

其中，所述主元件（5）和所述补充元件（6 ;9）通过至少一个紧固件（10 ;11）固定地相连，其中，所述紧固件（10 ;11）的几何外形补充被紧固的主元件（5）和所述至少一个补充元件（6 ;9）的气动轮廓，

其中，所述补充元件（6 ;9）沿所述叶片的纵向方向定位于靠近叶片根部的区域中，并且

其中，所述至少一个补充元件（6 ;9）与所述主元件（5）并行布置。

2. 根据权利要求 1 所述的具有气动轮廓的多元件叶片，其特征在于，两个或多个元件包括主元件和“n”个补充元件，其中“n”是补充元件的数目，所述补充元件能够接合至叶片的所述主元件并且所形成的所述多元件叶片不会导致对其它的风力涡轮机转子叶片的气动干扰。

3. 根据权利要求 1 所述的具有气动轮廓的多元件叶片，其特征在于，至少一个所述补充元件定位于所述主元件的吸入侧中的前缘区中。

4. 根据权利要求 1 所述的具有气动轮廓的多元件叶片，其特征在于，至少一个所述补充元件定位于所述主元件的压力侧中的后缘区中。

具有气动轮廓的多元件叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及这样的机构的技术领域,该机构将自然风的动能转化成有用的机械能以用于生成电能的目的,更具体地涉及应用于风力涡轮机转子叶片上的结构布置。

背景技术

[0002] 近些年来有最大发展的可再生能源的其中之一就是利用风能发电。这种增长是由于当主要考虑到生态效益时这种能源具有吸引人的特性,诸如环境影响低、没有气体、放射性粒子或残留物的排放。进一步,风能发电厂中采用的装置使得在能量需求增加的情况下额外的组件迅速增加。此外,由于用于风力涡轮机的支撑结构的地基 (base) 占据的区域减小,因此相邻的区域可以用于其他目的,例如农业。

[0003] 除了发电机自身 (该发电机位于被称为短舱的容器中)、以及传动装置和控制机构以外,所述的风力涡轮机基本上由支撑结构 (诸如塔) 以及转子组成,转子通常由连接至中心圆盘的三个叶片组成。

[0004] 作为对洁净、安全且可再生的电能源的需求增加的结果,存在优化风力涡轮机的全部结构方面的强烈需求,从而提供更高的电源生成量。存在对经济上可行的解决方案的倾向,以停止导致转子的尺度越来越大。然而,这些改进在物流过程中造成了若干难题,这些难题中尤其被强调的就是通过陆地、海运或空运来搬运、存储并运输这些结构。

[0005] 更特别地,增大转子尺度的一个原因是为了增加风力涡轮机的效率,除了增加纵向尺度之外,优选地,风力涡轮机的叶片被设计成在叶片根部 (即,靠近转子中心的区域) 中的叶弦 (chord) (即,叶片轮廓的宽度) 具有大的尺度。通过这种方式,这些叶片由于独特的几何外形 (具有大的纵向和横向尺度) 而具有高的运输成本,并需要专门的保养以防止物流过程中的破坏。对于陆地运输,例如,具有大于三 (3) 米的横向尺度的叶片就不可以在多个国家的公路系统中被自由地运输。目前,具有较大尺度的叶片已经超过了这个限制并且要受到很多限制才到达风力涡轮机的安装地点。进一步,叶片越大则使用标准搬运设备 (诸如起重机) 以及标准存储和运输包装的问题就越显著。另一方面,当仅根据物流过程中问题而不考虑性能和气动控制的问题对叶片进行改变时,风力涡轮机的能量生成的最大生产量和通用性就存在巨大损失。因此,在现有技术中,存在目的在于获得方便运输、存储和搬运的叶片的多种结构布置;而其他的布置目的在于仅实现性能和气动控制的改善。然而,少数解决方案同时关注上述两个方面。

[0006] 例如,已公开的第 US2004/0105752 号专利申请描述了用于风力涡轮机的转子叶片,其中该转子叶片的风的工作面具有可变的面积。所述表面通过由可变形或可移动部分构成的叶片获得,因此安装负荷更小且运输更方便。在本申请中描述的更好的执行方式中,该表面的一部分可以由形成封闭容器的可变形材料制成。在这种情况下,该容器可以被具有预定压力的气态介质填充。通过这种方式,该可膨胀表面在运输过程中或在极端的风力情况下可以被排空,从而减小风的操作面积。作为结果,可以减小其他零件上的负荷,包括塔上的负荷。已公开的第 DE10233102A1 号专利申请中采用了类似的解决方案。

[0007] 然而,现有技术中发现的其他类型的布置(更具体地针对性能和气控控制的问题)考虑使用固定的或转动的飞机机翼中以及风力涡轮机中的高升程装置(诸如翼板),诸如已公开的第EP1524431A1号专利申请中的装置,该装置与第US5527151号和第US5570859号专利中以及已公开的第ES2035118T号专利申请中所采用的解决方案具有其他的相似之处。第US5527151号专利描述了用于风力涡轮机转子的副翼实施例,所述副翼具有使其不会在气流中突出的底表面。运动围绕位于副翼的包络面(envelope)内的转动中心进行,以允许对转动进行正向(positive)控制。副翼的这种运动容许对该副翼进行定位,以使得副翼产生足够的阻力以停止转子的转动。第US5570859号专利描述了用于风力涡轮机或机翼的叶片扰流器,该叶片扰流器控制或影响叶片或机翼表面上方的气流。该扰流器可以以这样的方式转向,它的前端突出到低压区的上方而与此同时它的后端突出到高压区的上方。当扰流器完全枢转时(正交于叶片或机翼的纵向平面),它作为制动器工作,而当扰流器部分枢转时,它作为动力调节器工作。与此同时,第ES2035118T号专利描述了具有可变轮廓的流线型体,该流线型体的表面上具有伸长的膜,从而使得膨胀的或充满水的结构改变轮廓。所述流线型体具有类似于飞机机翼的外形,包括副翼和小翼板。通过这种方式,该流线型体容许更大的轮廓曲率,进而能够实现升程的增加。在第US4423333号专利中、在已公开的第US2003/0091436A1号专利申请中以及在第W02004/099608A1号、第W003/076802A1号和第W02005/040559A1号国际公开中也预见了叶片中的高升程装置布置的其他变形。

[0008] 已公开的第CA2425447A1号专利申请描述了诸如应用在风力涡轮机中的叶片,该叶片由主机翼和较小的副机翼构成,优选地为鸭式结构。机翼通过至少两个结构元件相连,该结构元件可抵抗振动并具有垂直于机翼的纵向轴线的气动轮廓,并且沿着副机翼分布。为了确保气动稳定性,叶片通过相对于纵向轴线的转动来进行平衡。

[0009] 在第LV12775(W002053908A1)号、第LV12972号以及第LV13095号专利中发现了采用了邻近叶片的元件的其他装置,在这些专利中使用了具有阶流式轮廓的叶片,以增大能量使用并减少起动风力。而在第LV12775号和第LV12972号文件中,该布置适合于垂直轴线风力涡轮机,在第LV13095号文件中使用了类似于第LV12972号文件的结构,但是该结构具有水平的旋转轴线。然而,尽管所拥有的旋转轴线是水平的,但是所采用的解决方案的阶流式轮廓的旋转平行于旋转轴线。已公开的第JP2005-90332号专利申请中采用了类似的解决方案。

[0010] 最后,在已公开的第DE4428731号专利申请中预见了其他的结构,该专利申请描述了具有可变长度的叶片,该叶片通过具有中空轮廓的外部叶片实现,在该外部叶片中具有覆盖了延伸范围的至少一部分的伸缩叶片区段,该伸缩叶片区段可移动越过外部叶片外部的固定轨道。因此,通过改变叶片的长度,能够满足不同的运输条件,以及变化的风力条件。在第W02006/008327A1号国际公开中和已公开的第EP1375911A1号专利申请中可以获得相似的结果。

[0011] 然而,上述文献中引用的解决方案以及现有技术中存在的其他解决方案无法便利地且有效地解决现有技术的风力涡轮机转子叶片中存在的一些问题。

[0012] 例如,第US2004/0105752号和第DE10233102A1号文献描述了一种解决方案,尽管该解决方案有助于叶片的运输,但是它没有呈现出对风能的有效使用。这是因为风与其上的可变区域相作用的表面被限制成复制了普通叶片会具有的气动轮廓。因此,最大能量

效率被限制成普通叶片会获得的效率。在这些情况中,需要继续使用具有复杂表面 (high surface) 的叶片以达到所需的能量使用。

[0013] 与此同时,尽管第 EP0375382 号文献描述了一种用于包括附加元件 (诸如折翼) 的结构中的噪音产生问题的解决方案,但是该方案采用结构复杂的折翼和致动器,由于额外的负荷会被施加在结构组件上以利用风能,因此上述折翼和致动器难以应用在风力发电机中。以另外的方式,第 US5570859 号和第 US5527151 号文献描述了用于风力涡轮机的制动器;然而,由于附加元件的安装位置中的较大的弯曲力,所述结构也具有抵抗力较低的结构,上述附加元件构成了更容易疲劳的位置。进一步,致动机构的存在表示该结构应该承担的负荷增加了。第 EP1524431A1 号和第 US2003/0091436 号和第 WO2004/099608 号文献中提出的布置也存在相同的情况,上述文献描述了用于风力涡轮机的折翼或高升程装置的系统,该系统仅在控制围绕叶片的气动流动时起作用,当在低起动风力条件下操作时该系统具有气动缺陷,并且从物流过程的角度来看该系统没有呈现出优势。在第 ES2035118T 号文献中描述的解决方案中也发现了同样的问题,这是由于所使用的几何外形相对于物流过程也是没有效果的。

[0014] 在前提及的第 CA2425447 号文献描述了一种解决方案,其中两个机翼处在防止相互之间的气动干扰的距离处,这改善了对叶片的控制,但是在能量使用方面没有提高。进一步,通过位于沿着结构的某些点处的一些元件而提出的紧固系统当被应用于大的零件中时会提供更大的应力集中,从而需要加强叶片结构。

[0015] 另一方面,如果与具有水平轴线的那些布置相比,第 LV12775 号和第 LV12972 号文献中提出的具有垂直旋转轴线的阶流式布置已经限制了动力生成的最大生产量;然而就阶流式轮廓平行于需要两个支撑点的旋转轴线的方面而言,具有水平旋转轴线的一种布置 (LV13095) 具有完全无法用于大尺寸风力涡轮机的结构布置。通过这种方式,所述布置更适合于低效率的小尺寸风力涡轮机。

[0016] 最后,第 DE4428731 号文献描述了相对于传统叶片易于运输的伸缩结构;然而,由于当移动伸缩区段以增加纵向尺度时,具有加大翼弦的区域就从转子基座收回,因此所述设想实质上削弱了叶片的气动性能。进一步,所述结构需要复杂的系统以移动伸缩区段,除此之外该伸缩区段还易于疲劳,所述结构导致设置极其昂贵,并且没有呈现成比例的效率增加。

[0017] 因此,如人们所见的那样,背景技术中的解决方案没有适当地解决现有技术中存在的问题,尤其是对于获得具有高效气动特征且同时易于运输、存储和搬运的叶片而言。

发明内容

[0018] 因此,本发明的目的是获得用于大尺寸水平轴线风力涡轮机的转子叶片,该叶片容许方便的运输、搬运和存储,与此同时保证更高的风能使用效率。

[0019] 除了具有用于物流过程的通用布置并且同时导致更高效的风能使用的叶片以外,本发明的另一目的是所述更高效的使用包括弱风的使用,并降低起动扭矩。

[0020] 本发明的另一目的是针对不同的风分布参数使年度能量生产率最大化。

[0021] 本发明的另一目的是增加叶片对极端负荷和疲劳的抵抗力。

[0022] 本发明的又一目的是降低叶片的总体成本,不仅考虑所述叶片的生产成本,还考

虑叶片的运输和安装成本。

[0023] 为了达到上述目的和其他目的,本发明基本上具有所述叶片的其中之一,该叶片配备有并行地布置并通过紧固件相连的至少两个元件,其中对主元件进行补充的元件安置在靠近叶片根部的区域中,并形成相互之间稳固的轮廓,其目的是在于所述轮廓之间的气动干扰,从而增加气动性能和弱风条件下的起动,并同时根据分离地存储、运输以及搬运这些元件的可能性来促进物流过程。

[0024] 优选地,所述轮廓包括主元件,该主元件具有普通风力涡轮机叶片的外形但是在根部处具有较小的翼弦;而增补的气动轮廓补充主元件的减小区域。各个补充元件均可以具有与主元件的减小区域相同的几何外形;或者顺序地,各个补充元件均可以具有与前的补充元件的减小形式相同的几何外形。根据风力发动机将被安装的区域的风,为了更好的控制和更高的气动效率,这些元件可以采用不同的外形。从整体观点来看,同时考虑控制和效率以及物流和结构问题,每个叶片使用两个或三个元件获得了最好的结果。

[0025] 所述元件可以通过两个或多个稳固的气动结构相互固定,优选地,所述元件也这样的方式接合,它们分配沿着所述元件表面的负荷并且没有枢转点。

[0026] 有益效果

[0027] 使用划分成两个或多个元件的叶片容许较大的主元件由具有相对小的翼弦的轮廓构成。通过这种方式,可以将补充气动轮廓分离而运输、搬运和存储多元件叶片组件,这减小了所述叶片的尺度并显著地促进了物流过程。例如,还可能以运输主元件的相同的卡车来运输补充元件,其中将补充元件与主元件并行地放置,然而使第一补充元件的根部靠近主元件的边缘。其他的补充元件也可以类似地布置,每一个补充元件均沿着与前一个补充元件相对的方向。

[0028] 在较大的翼弦区域中使用两个和多个并行的气动轮廓还具有增加叶片的气动效率的额外效果。就元件的连接作用增大了最大升程系数和冲角而不会引起前期失速(stall)的方面而言,最佳的性能通过轮廓元件之间产生的气动干扰提供。此外,集中在叶片根部区域中的轮廓布置在这个区域中产生了更大的升程系数,在此区域中切向速度较低,因此同时在这个部分中保证弱风的更好的能量使用(切入)。

[0029] 此外,作为紧固系统,它容易在现场安装,并允许在风能发电厂中快速的组装和安装,因为优选地,它不具有可枢转的零件。进一步,紧固系统自身可以与补充气动轮廓一起构成一个轮廓,从而消除来自元件边缘的涡流。

附图说明

[0030] 为了使本发明的理解和执行更容易,针对说明的目的给出如下的附图并且这些附图不限制本发明的结构变化的最终形式。所示的每个部件和相同/相似的零件通过相应的标号表示。

[0031] 图1示出了传统叶片的纵向平面视图;

[0032] 图2示出了传统叶片的纵向平面视图,其中确定了可以被减去的截面;

[0033] 图3示出了多元件叶片的纵向平面视图,其中为了物流的目的将副元件与主元件分离。

[0034] 图4示出了多元件叶片的纵向平面视图,其中补充元件处于主元件的压力侧中的

后缘区中。

[0035] 图 5 示出了多元件叶片的纵向平面视图, 其中补充元件处于主元件的吸入侧中的前缘区中。

[0036] 图 6 示出了具有三个元件的多元件叶片的纵向平面视图, 其中两个补充元件处于主元件的压力侧中的后缘区中。

[0037] 图 7 示出了具有三个元件的多元件叶片的纵向平面视图, 其中一个补充元件处于主元件的压力侧中的后缘区中而另一个补充元件处于主元件的吸入侧中的前缘区中。

[0038] 图 8 示出了多元件叶片的横截面视图, 其中补充元件处于主元件的压力侧中的后缘区中。

[0039] 图 9 示出了具有三个元件的多元件叶片的横截面视图, 其中两个补充元件处于主元件的压力侧中的后缘区中。

[0040] 图 10 示出了传统叶片与根据本发明的多元件叶片相比较的升力系数 (C_L) 与冲角 (α) 的关系曲线图。

具体实施方式

[0041] 最佳方式

[0042] 本发明的最佳实施方式基本上由应用在水平轴线风力涡轮机转子中且具有垂直于旋转轴线的三个叶片的多元件叶片构成, 所述叶片的每一个均由彼此之间固定的轮廓组成, 且采用两个元件形成每个叶片, 补充元件定位于靠近叶片根部的区域中, 处于主元件的压力侧中的后缘区中。

[0043] 本发明的方式

[0044] 本发明的各种实施方式不限于本描述和附图中解释的结构细节, 本发明可以通过其他同等结构实现。

[0045] 因此, 本发明基本上包括应用于水平旋转风力涡轮机转子中的叶片, 且叶片垂直于旋转轴线, 其中所述叶片的每一个均由形成气动轮廓的不同元件组成, 气动轮廓之间通过紧固元件固定, 形成轮廓的元件定位于靠近叶片根部的区域中。

[0046] 图 1 示出了传统叶片 1 的纵向平面视图。如图中所见, 根部中的翼弦相对地大于叶片边缘处翼弦, 且在某个平直截面中具有最大的翼弦 C_{max} 。针对具体应用, 可以使用不同的几何外形、尺寸、内部结构和原材料来获得具体的叶片, 因此获得变化的 C_{max} ; 以及沿着叶片的翼弦分布 C_{dis} 。每种应用类型的一般参数 C_{max} 和 C_{dis} 在现有技术中已知。例如, 目前以商业规模出售的长度为 50 米的典型的传统叶片具有在 3 至 5 米的范围内变化的 C_{max} , 而最小翼弦 C_{min} 在 0.5 至 1 米的范围内; 并且将叶片根部连接至转子的中心圆盘的凸缘 2 的直径 D 大约在 1 与 2 米之间。如之前解释的, 大于 3 米的 C_{max} 使得叶片在多个国家中的公路运输都不可能。

[0047] 因此, 图 2 示出了在传统叶片 1 中可减去的突出区 3 的区段, 因而减小了 C_{max} 从而使 C_{max} 接近凸缘 2 的直径 D。

[0048] 因此, 图 3 示出了根据本发明的多元件叶片 4 的纵向视图, 其中为了运输、搬运和存储的目的, 将主元件 5 与补充元件 6 分离。由于主元件 5 的 C_{max} 变得非常接近甚至等于凸缘 7 的直径 D, 因此凸缘 7 的直径 D 大于传统叶片 1 的凸缘 2 的直径 D 的多元件叶片 4 可以

被运输;或者从另一个角度,多元件叶片 4 的 C_{max} 大于传统叶片 1 的 C_{max} 。根据之前在本描述中提及的实例,主元件 5 会具有大约在 1 与 2 米之间的 C_{max} ,这会容许该多元件叶片的公路运输。然而,依据所需要的应用,可能使主元件 5 的 C_{max} 的剖面法线不要太接近凸缘 7 的直径 D,而是足以使主元件 5 的运输得以实现,根据上述实例, C_{max} 此时会小于和等于 3 米。

[0049] 因此,如从图 4 至 9 中可见的,取代将补充元件 6、8 和 / 或 9 定位在突出区 3 中,或者像不会干扰在前元件的气流的机翼那样定位上述补充元件;所述元件并行地定位,这在所述轮廓之间产生气动干扰,且达到元件的连接作用增大最大升力系数 C_L 和冲角 α 而不会引起前期失速的程度。此外,集中在叶片根部区域中的轮廓布置在该区域(此处的切向速度较低)中产生了更大的升力系数,因此还保证在该部分中更好地使用弱风(切入)的能量。在这些方法中,图 10 示出了传统叶片与根据本发明的多元件叶片相比较的升力系数 C_L 与冲角 α 的关系曲线图。从该图中可见,在具有与传统叶片相同的冲角 α 的情况下,根据本发明的多元件叶片具有大于传统叶片的 C_L ,并且达到失速点的冲角 α 大于传统叶片的冲角。

[0050] 补充元件的数目取决于一系列因素,诸如叶片的数目(其可以是两个、三个和四个);期望的性能;将会安装塔的地理区域中的年度风力分布等。多余三叶片的风力涡轮机转子(这种转子是目前被大规模使用的一种转子),可能使用多达 5 个元件,在多数情况下,具有 2 个或 3 个元件可获得最佳结果,并且达到叶片之间必须保持某一径向距离并且所述叶片之间不具有气动干扰的程度。在双叶片风力涡轮机转子的情况下,也可能使用多个补充元件,因为从一个叶片的根部到另一个叶片的根部的径向距离更大。

[0051] 此外,还可能的是,被分离的多元件叶片 4 的面积(该面积相对等同于传统叶片 1 的突出区 3)具有类似于传统叶片的几何外形,然而,多元件叶片的翼弦分布 C_{dis} 从主元件 5 的边缘到最大翼弦 C_{max} 点并且具有的增长系数略低于通常所用的系数。因此,增加了主元件根部中的气动利用率。

[0052] 根据需要和目的,例如,对于更好的控制和更好的性能的需要,补充元件可以相对于主元件被安装在不同位置中。例如,如从图 4 以及相应地在图 8 中可见,补充元件 6 定位于处在高压区中的主元件 5 的压力侧中的后缘区中,这增加了最大升力系数和冲角而不会有前期失速。图 5 示出了补充元件 8 定位于吸入侧中的前缘区中的实施方式。在图 7 中所示的另一实施方式中,一个补充元件 6 定位于主元件 5 的压力侧中的后缘区中,而第二个补充元件 8 定位于主元件的吸入侧中的前缘区中。根据具体的应用需要,其他的组合也是可能的。

[0053] 示出了多元件叶片 4 的横截面视图的图 8 和 9 也示出了可以被用来连接元件的紧固件 10 和 11 的实例。由于紧固件没有枢转点,因此系统的复杂性和疲劳的风险就降低了。此外,紧固系统自身可以构成具有气动功能的轮廓,消除来自元件边缘的涡流。紧固件 10 和 11 可以通过在主元件和补充元件的预定点处的锁定系统而接合至主元件 5 和补充元件 6 和 / 或 9;或者利用具有纵向或横向挡杆(bar)的锁定系统;或者利用粘附性树脂连接接触点;或者通过上述元件的组合;或者通过连接该些元件的外部格栅;或者通过其他等同手段。因此,就紧固件 10 和 11 允许将主元件 5 连接至补充元件 6 的方面而言,或者就紧固件允许将一个补充元件 6 连接至另一个补充元件 9 的方面而言,当将叶片 4 组装在转子中时,所述紧固可以在现场进行。

[0054] 工业应用性

[0055] 从上述实例可见，本发明在风能产生领域具有广泛的工业应用，并且可以利用必需的工具和适当的技术在任何发电厂中再制造以生产用于大尺寸风力涡轮机转子的叶片，本发明特别应用于具有水平旋转轴线和垂直于所述旋转轴线的三个叶片的大尺寸风力涡轮机转子中。



图 1



图 2

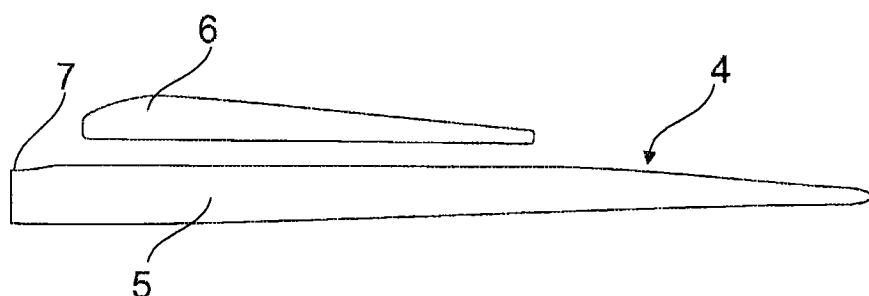


图 3

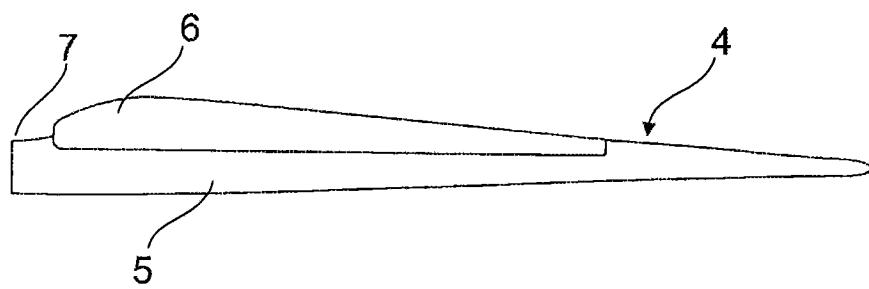


图 4

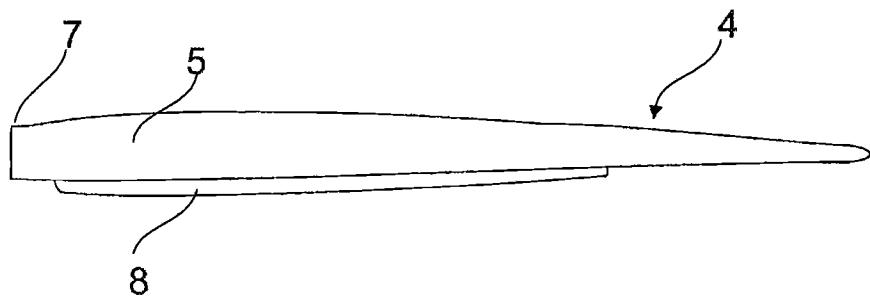


图 5

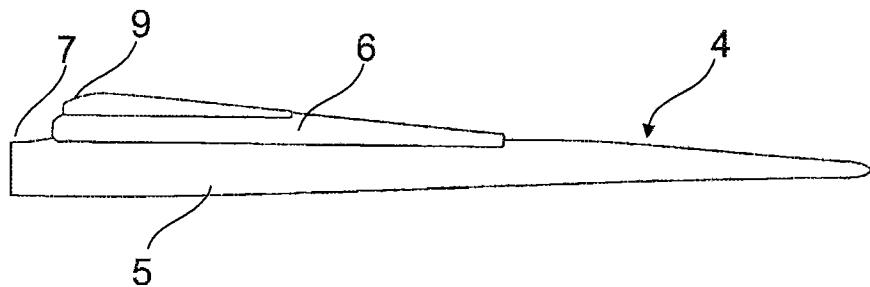


图 6

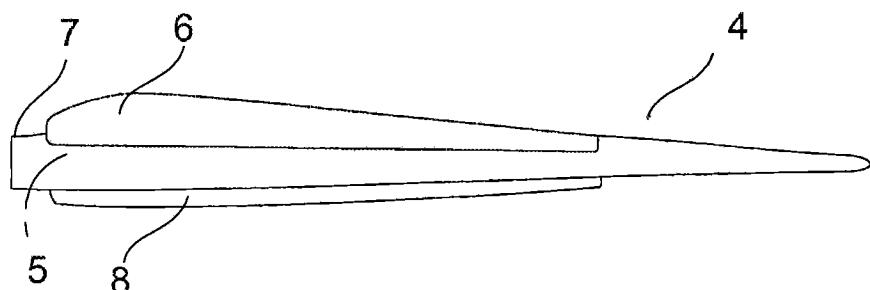


图 7

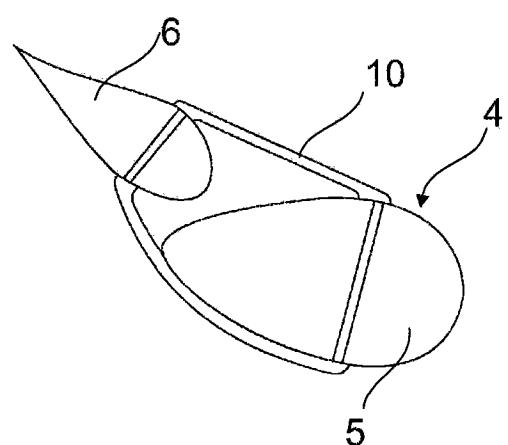


图 8

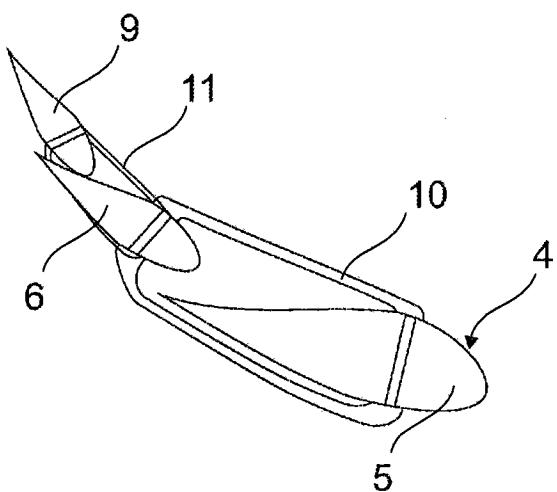


图 9

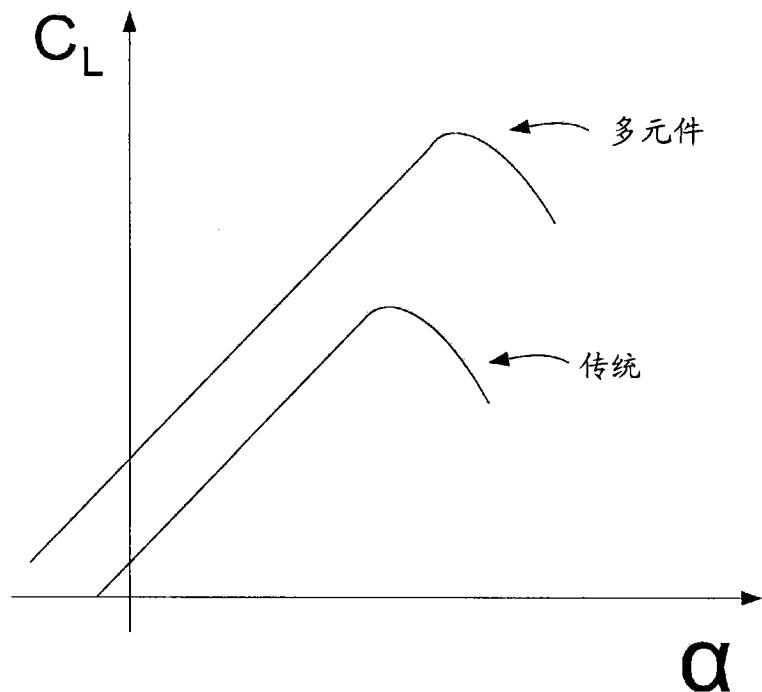


图 10