



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102758722 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 31

(21) 申请号 201210135816. 6

(22) 申请日 2012. 05. 02

(30) 优先权数据

PA2011170209 2011. 04. 29 DK

(71) 申请人 远景能源(丹麦)有限公司

地址 丹麦锡尔克堡

(72) 发明人 M·弗里德里希 P·格雷伯

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务所有
限公司 44100

代理人 罗毅萍

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

F03D 1/00 (2006. 01)

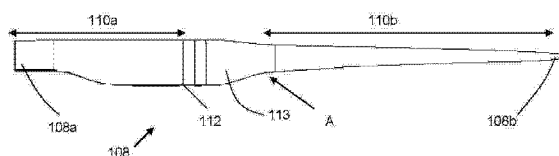
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种风力涡轮机和风力涡轮机叶片

(57) 摘要

本发明描述了一种部分变桨风力涡轮机, 其中, 风力涡轮机叶片具有设计为失速控制运转的内叶片段和设计为俯仰控制运转的外叶片段。不同片段的叶型不同, 使得叶片有效运转, 同时提供对风力涡轮机的控制, 以有效减小叶片根部力矩。外叶片段可被俯仰脱离风, 由于外叶片段而减小根部力矩, 同时增加内叶片段的功率捕获, 使其维持额定功率输出。



1. 一种至少 35 米长的部分变桨风力涡轮机叶片(108),该叶片包括:

内叶片段(110a);

在俯仰连接位联接于所述内叶片段(110a)的外叶片段(110b),所述外叶片段(110b)相对于所述内叶片段(110a)俯仰,其中,

所述内叶片段(110a)包括用于具有第一空气动力学型面的失速控制的空气动力学叶片的第一叶型(10),该第一空气动力学型面在面向俯仰连接位(112)的端部具有第一最大升力系数(CL_{max1})和第一弦长($Ch1$),并且其中,

所述外叶片段(110b)包括用于具有第二空气动力学型面的俯仰控制的空气动力学叶片的第二叶型(20),该第二空气动力学型面在面向所述俯仰连接位(112)的端部具有第二最大升力系数(CL_{max2})和第二弦长($Ch2$),并且其中,

所述叶片(108)包括不连续部(114),该不连续部(114)在所述第一叶型(10)和第二叶型(20)之间的所述俯仰连接位(112)处,该不连续部(114)使得 $[(CL_{max1}) \times (Ch1)]$ 值至少比 $[(CL_{max2}) \times (Ch2)]$ 值大 20%。

2. 根据权利要求 1 所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)设计为以比所述外叶片段(110b)更大的攻角进入失速。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)具有比所述外叶片段(110b)更大的弦长。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:在所述叶片彼此相对的端部处,所述外叶片段(110b)的型面具有比所述内叶片段(110a)更大的曲度。

5. 根据权利要求 1 至 4 任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)上设置至少一个高升力装置,以抑制所述内叶片段(110a)的失速。

6. 根据权利要求 5 所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述至少一个高升力装置可选自以下一个或多个:涡流发生器,格尼襟翼,扰流器,前缘缝翼/翼缝,边界层控制装置。

7. 根据权利要求 1 至 6 任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述风力涡轮机叶片包括至少一个设于所述俯仰连接位处的失速围栏。

8. 根据权利要求 1 至 7 任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)的表面积大致与所述外叶片段(110b)的表面积相等。

9. 根据权利要求 1 至 8 任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)的纵向长度约等于所述外叶片段(110b)的纵向长度的一半。

10. 根据之前任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:从叶片根部沿着叶片的纵向长度测定,所述内叶片段(110a)远端的 2/3 具有平均弦长 $C1$,所述外叶片段(110b)的远端的 2/3 具有平均弦长 $C2$,其中, $C1$ 的长度大于或等于 $C2$ 长度的两倍。

11. 根据之前任一权利要求所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述叶片可包括至少一个过渡区域(113),其设于所述第一和第二叶型之间的所述俯仰连接位处。

12. 根据权利要求 11 所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述外叶片段(110b)包括外尖端(108b)和内俯仰端,其中,所述叶片进一步包括设于所述外叶片段(110b)的内俯仰端和所述俯仰连接位之间的外叶片过渡区域(113),其中,

所述叶片包括不连续部,其设在所述俯仰连接位处的第一叶型和在所述外叶片段(110b)的内俯仰端处的第二叶型之间。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的部分变桨风力涡轮机叶片(108),其特征在于:所述内叶片段(110a)包括外俯仰端和内根部端,并且其中,所述叶片进一步包括设于所述内叶片段(110a)的外俯仰端和所述俯仰连接位之间的内叶片过渡区域(113),

其中,所述叶片包括不连续部,其设在所述内叶片段(110a)的外俯仰端处的第一叶型和俯仰连接位处的第二叶型之间。

14. 一种部分变桨风力涡轮机(100),包括:

风力涡轮机塔架(102);

设于所述塔架(102)顶部的机舱(104);和

至少两个如权利要求 1-13 中任一权利要求所述的、位于所述机舱处的转子轮毂上的部分变桨转子叶片(108),

其中,当所述外叶片段(110b)不相对于所述部分变桨转子叶片(108)的内叶片段(110a)俯仰时,所述风力涡轮机(100)用于在第一风速产生额定输出功率,并且其中,所述内叶片段(110a)设计为在比所述第一风速大的第二风速进入失速。

15. 如权利要求 14 所述的部分变桨风力涡轮机(100),其特征在于:所述风力涡轮机(100)进一步包括控制装置,对高于所述第一风速的风速,该控制装置用于俯仰所述外叶片段(110b)脱离风,由于所述内叶片段(110a)的功率捕获在所述第一风速和所述第二风速之间增加,所述控制装置用于俯仰所述外叶片段(110b)脱离风,以对所述第一风速之上的风速维持额定输出功率。

一种风力涡轮机和风力涡轮机叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力涡轮机叶片和相关的风力涡轮机,特别涉及一种部分变桨风力涡轮机叶片(partial-pitch wind turbine blade)。

背景技术

[0002] 风力涡轮机运行过程中,由于叶片在空气动力的运作下旋转,风力涡轮机叶片根部承受着大量的载荷。这种疲劳载荷在风力涡轮机结构中产生相当大的应力和应变,考虑到用于涡轮机结构、加固等等中的材料的强度,要求明显的设计限制。因此,有意义的是,研发特殊的能减少这种载荷的风力涡轮机设计,为减少整个涡轮机结构的设计限制做准备。

[0003] 一个特殊的风力涡轮机结构是一种部分变桨风力涡轮机叶片。部分变桨风力涡轮机包括多个具有内叶片段和外叶片段的风力涡轮机叶片。外叶片段相对于内叶片段是可俯仰的,使得风力涡轮机的输出功率可被控制,以对不同的风速保持额定输出功率。部分变桨风力涡轮机的实施例包括丹麦Nibe A风力涡轮机,以及美国国家航空和宇宙航行局(NASA)开发的MOD-2风力涡轮机。

[0004] 同样地,在专利文献中,描述了部分变桨叶片。这些专利文献包括DE 91754US2009/0236857,其公开了一种部分变桨风力涡轮机,该风力涡轮机具有可相对于彼此俯仰的内叶片段和外叶片段。

[0005] 对于这些部分变桨风力涡轮机叶片,普遍的是,他们具有沿着叶片连续变化的空气动力学型面,甚至当内叶片段和外叶片段最大可能的对准时。

[0006] 当外片段未俯仰时(提供一致的全翼展叶型),部分变桨叶片呈现单一的连续叶型,并且在高风力状况下,外叶片段可顺桨,以减少极端载荷。然而,部分变桨叶片在正常运转中,持续经受大量的疲劳载荷。

[0007] 本发明的目的是,提供一种新的部分变桨风力涡轮机叶片和相关的风力涡轮机,其在提供运行效率的同时,进一步减低了风力载荷的负面影响。

[0008] 本发明的目的是,提供一种风力涡轮机叶片,该风力涡轮机叶片在提供减小的根部力矩的同时,可更有效率的运转或控制。

[0009] 本发明的进一步的目的是,同时,大致上针对所有额定功率输出的风速范围,为内叶片段提供增加的功率产量。

发明内容

[0010] 因此,提供一种至少 35 米长的部分变桨风力涡轮机叶片,该叶片包括:

[0011] 内叶片段;

[0012] 外叶片段,其在俯仰连接位联接于所述内叶片段,所述外叶片段相对于所述内叶片段俯仰,其中,

[0013] 所述内叶片段包括用于失速控制的空气动力学叶片的第一叶型,其中,所述外叶片段包括用于俯仰控制的空气动力学叶片的第二叶型,并且其中,所述叶片包括不连续部,

其设在所述第一和第二叶型之间的所述俯仰连接位处。

[0014] 特别地,提供一种至少 35 米长的部分变桨风力涡轮机叶片,该叶片包括:

[0015] 内叶片段;

[0016] 外叶片段,其在俯仰连接位联接于所述内叶片段,所述外叶片段相对于所述内叶片段俯仰,其中,

[0017] 所述内叶片段包括第一叶型,该第一叶型用于具有第一空气动力学型面的失速控制的空气动力学叶片,该第一空气动力学型面在面向所述俯仰连接位的端部具有第一最大升力系数(CL_{max1})和第一弦长($Ch1$),并且其中,

[0018] 所述外叶片段包括第二叶型,该第二叶型用于具有第二空气动力学型面的俯仰控制的空气动力学叶片,该第二空气动力学型面在面向所述俯仰连接位的端部具有第二最大升力系数(CL_{max2})和第二弦长($Ch2$),并且其中,

[0019] 所述叶片包括不连续部,该不连续部设在所述第一和第二叶型之间的所述俯仰连接位处,该不连续部使得 $[(CL_{max1}) \times (Ch1)]$ 值至少比 $[(CL_{max2}) \times (Ch2)]$ 值大 20%。

[0020] 因此,内片段设计用于失速控制,外片段设计用于俯仰控制,部分变桨叶片为部分俯仰运转提供最佳性能,同时最小化叶片的根部载荷。

[0021] 进一步发现,对于所述的具有不连续部的空气动力学型面的叶片,不需要完整的过渡区域,因此,提供一种叶片,其更明显的具有失速特征和俯仰特征,并因此允许更灵敏和更精确的控制。

[0022] 进一步,两个叶片段的 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 值的不连续性,提供一种叶片构造,该构造适于使用合适的控制方法,以在额定风力功率输出下,俯仰外叶片段脱离风,其中,由于风速增大超过叶片产生额定功率时的风速,内叶片段继续产生增大的升力(并因此增加功率产量)。被发现的是, $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 值的变化目的是保证尽可能长的抑制内叶片段的失速,以大致上在所有额定功率输出的风速范围,为内叶片段提供增加的功率产量。

[0023] 由于内片段设计用于失速控制,外片段设计用于俯仰控制,部分变桨叶片为部分俯仰运转提供最佳性能,同时最小化叶片的根部载荷。由于风速增大,外叶片段可俯仰脱离风,而功率生产从外叶片段过渡到内叶片段。在内叶片段处增加的功率生产提供减小的叶片力矩,导致根部载荷降低,从而导致风力涡轮机结构中的疲劳载荷降低。不同叶型之间连接位处不连续部或跳跃部的使用,意味着在叶片段之间不需要完整的过渡区域,该过渡区域可影响整个叶片的效率。

[0024] 优选地,不连续部设于叶片段的表面层之间的连接位处。当俯仰连接位处的叶片段的横截面剖面可能一定程度地重叠时,他们彼此不是准确的排列对准。因此,当沿着叶片的纵向长度从叶片尖端部观察时,可看见叶片表面的不连续部和跳跃部。

[0025] 用于俯仰控制的叶型的性能在小的攻角范围内得到了优化,并且该叶型可具有相对大的曲度,而失速控制的空气动力学叶片,其结合有相对小的曲度,具有综合的全面使用性能,以及良好的升力-阻力比。用于内失速控制的叶片段的合适的空气动力学型面包括,但不限于,NACA-63-2XX 叶型。用于外俯仰控制的叶片段的合适的空气动力学型面包括,但不限于,NACA-63-6XX 叶型。

[0026] 优选地,所述内叶片段设计为以比所述外叶片段更大的攻角进入失速。

[0027] 由于内叶片段在比外叶片段更大的攻角(例如,在较大的风速)进入失速,因此,当

叶片处的风速增大,内叶片段可成比例的产生更多功率。这使得运转中的部分变桨叶片的叶片根部力矩减小。

[0028] 优选地,所述内叶片段具有第一空气动力学型面,该型面在所述俯仰连接位处具有第一最大升力系数(CL_{max1})和第一弦长($Ch1$)。

[0029] 所述外叶片段具有第二空气动力学型面,该型面在所述俯仰连接位处具有第二最大升力系数(CL_{max2})而和第二弦长($Ch2$),并且其中,

[0030] $[(CL_{max1}) \times (Ch1)]$ 值至少比 $[(CL_{max2}) \times (Ch2)]$ 值大 20%。

[0031] 由于 $[(CL_{max1}) \times (Ch1)]$ 值与风力涡轮机叶片的功率生产成比例,因此为产生功率的部分变桨叶片的提供不连续部,该部分变桨叶片可有效运转,同时提供减少的根部力矩。虽然,更有效的是,从外叶片段产生功率(也就是,由于其较大的扫掠面积),当风速增大超过风力涡轮机的额定输出功率产量时,叶片生产效率的重要性降低,而重点在于引导减小叶片力矩。因此,当风速增大,内叶片段产生更多功率,使得叶片根部力矩减小(由于减少离叶片根部的距离)。

[0032] 可以理解的是,弦长度可在俯仰连接位的内、外叶片段各自的端部测定。本发明的另一方面,弦长度可测定为邻近俯仰连接位的一部分叶片段的平均弦长,例如,俯仰连接位 1 米内的部分叶片段的平均弦长。俯仰连接位处的其他部分也可以用于测定平均弦长,例如距离俯仰连接位 5 米、10 米等等。优选地,所述外叶片段的叶型具有比所述内叶片段的叶型更大的曲度。

[0033] 附加地或可选择地,所述内叶片段上设置至少一个高升力装置,以抑制内叶片段的失速。

[0034] 内叶片段可被成型,以提供比外叶片段大的 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 值,和/或内叶片段可包括任何恰当设置的升力产生装置,以提高内叶片段的升力,并且延迟内叶片段的失速,使得在运转中,更多的功率生产可转移至内片段。

[0035] 优选地,所述至少一个高升力装置可选自以下一个或多个:涡流发生器(vortex generator),格尼襟翼(Gurney Flap),扰流器,前缘缝翼/翼缝(leading-edge slat/slot),边界层控制装置。

[0036] 优选地,风力涡轮机叶片包括至少一个设于所述俯仰连接位处的失速围栏。

[0037] 俯仰连接位处的失速围栏的使用,使得俯仰控制和失速控制片段上的气流从彼此分离,使得叶片运转不被任何横向跨越叶片的气流所妨碍。

[0038] 优选地,所述内叶片段的表面积大致与所述外叶片段的表面积相等。

[0039] 优选地,所述内叶片段的纵向长度约等于所述外叶片段的纵向长度的一半。

[0040] 还提供一种部分变桨风力涡轮机,包括:

[0041] 风力涡轮机塔架;

[0042] 设于所述塔架顶部的机舱;和

[0043] 至少两个如上所述的设在位于所述机舱处的转子轮毂上的部分变桨转子叶片,

[0044] 其中,当外叶片段不相对于所述部分变桨转子叶片的内叶片段俯仰时,所述风力涡轮机用于在第一风速产生额定输出功率,并且其中,内叶片设计为在比所述第一风速大的第二风速进入失速。

[0045] 优选地,风力涡轮机进一步包括控制装置,对高于所述第一风速的风速,该控制装

置用于俯仰所述外叶片段脱离风,而所述内叶片段的功率捕获在所述第一风速和所述第二风速之间增加。

[0046] 当外叶片段被俯仰脱离风时,与外叶片段的功率生产相关的叶片根部力矩可被减小。虽然,更有效的是,从外叶片段产生功率(也就是,由于其较大的扫掠面积),当风速增大超过风力涡轮机的额定输出功率生产时,叶片生产效率的重要性降低,而重点在于引导减小叶片力矩。因此,当风速增大,内叶片段产生更多功率,使得叶片根部力矩减小(由于减少离叶片根部的距离)。

[0047] 可以理解的是,控制装置可包括出现在风力涡轮机位置的风力涡轮机结构中的独立的控制模块,或可包括连接至远程控制中心的通信线路,用于指示风力涡轮机的控制装置,对高于所述第一风速的风速,降低所述外叶片段的功率捕获。

[0048] 优选地,所述控制装置用于俯仰所述外叶片段脱离风,以对高于所述第一风速的风速,维持额定输出功率。

[0049] 由于增加内叶片段的功率捕获或生产,额定输出功率被维持。

[0050] 附加地或可选择地,提供一种至少 35 米长的、具有叶片根部和叶片尖端部的部分变桨风力涡轮机叶片,该叶片包括:

[0051] 设于叶片根部的内叶片段;

[0052] 设于叶片尖端部并且在俯仰连接位联接至所述内叶片段的外叶片段,所述外叶片段相对于所述内叶片段俯仰,其中,从叶片根部沿着叶片的纵向长度,所述内叶片段远端的 2/3 具有平均弦长 C1,所述外叶片段的远端的 2/3 具有平均弦长 C2,其中,C1 的长度大于或等于 C2 长度的两倍。

[0053] 可以理解的是,所述内叶片段的空气动力学型面可包括平滑的后型面或截断的型面。

[0054] 这种截断型面的使用提供相似的空气动力学性质,关于升力等等,但通常导致噪音电平增加。然而,当内叶片段在相对低的速度运转时(由于扫掠距离降低),用于这种应用中的噪音电平没有过高。

[0055] 当从部分变桨叶片根部观察时,内叶片段外部的 2/3(也就是邻近叶片俯仰连接位的片段)具有第一平均弦长,以及,外叶片段的外部的 2/3(也就是,邻近部分变桨叶片的尖端的片段)具有第二平均弦长。内叶片段的弦长至少为外叶片弦长的两倍。因此,与外叶片相比,内叶片段具有良好的升力-阻力比,并且在较高风速下能够比其他叶片产生更多的升力,使得在较高风速下,内叶片段成比例地产生更多功率。这种设置使得在涡轮机运转中,风力涡轮机经受的叶片根部力矩减小。可以理解的是,这种构造的叶片附加地或可选择地使用于任何本文描述的其他特征中。

[0056] 附加地或可选择地,叶片可包括至少一个过渡区域,该过渡区域设于所述第一和第二叶型之间的所述俯仰连接位处。

[0057] 过渡区域的使用,使得内、外叶片段之间的联接标准化,例如,联接至恰当的变桨系统。

[0058] 一方面,所述外叶片段包括外尖端和内俯仰端,其中,叶片进一步包括外叶片过渡区域,该外叶片过渡区域设于所述外叶片段的内俯仰端和所述俯仰连接位之间,

[0059] 其中,叶片包括不连续部,该不连续部设在所述俯仰连接位处的第一叶型和在所

述外叶片段的内俯仰端处的第二叶型之间。

[0060] 附加地或可选择地,所述内叶片段包括外俯仰端和内根部端,并且其中,叶片进一步包括在所述内叶片段的外俯仰端和所述俯仰连接位之间的内叶片过渡区域,

[0061] 其中,叶片包括不连续部,该不连续部在所述内叶片段的外俯仰端处的第一叶型和俯仰连接位处的第二叶型之间。

[0062] 外和 / 或内过渡区域优选为锥形元件,其从外 / 内叶片段的俯仰控制装置的型面过渡至适用于联接至用于部分变桨风力涡轮机叶片的变桨系统的型面。外和 / 或内过渡区域可设置为外壳元件,其接合在一部分外 / 内叶片段上,或可设置为外 / 内叶片段和变桨系统之间的单独的叶片元件。

[0063] 对于这些实施例,当测定弦长 Ch1 和弦长 Ch2 时,优选地,弦长从邻近内 / 外过渡区域的内 / 外叶片段测定。

[0064] 优选地,外过渡区域的纵向长度约为外叶片段的纵向长度的 20%。优选地,内过渡区域的纵向长度约为内叶片段的纵向长度的 20%。

[0065] 最优选地,提供一种至少 35 米长的部分变桨风力涡轮机叶片,该叶片包括:

[0066] 内叶片段;

[0067] 在俯仰连接位联接于所述内叶片段的外叶片段,所述外叶片段相对于所述内叶片段俯仰,其中,

[0068] 所述内叶片段具有第一空气动力学型面,该第一空气动力学型面在所述俯仰连接位处具有第一最大升力系数(C_{Lmax1})而和第一弦长(Ch1),并且,

[0069] 所述外叶片段具有第二空气动力学型面,该第二空气动力学型面在所述俯仰连接位处具有第二最大升力系数(C_{Lmax2})而和第二弦长(Ch2),并且其中,

[0070] [(C_{Lmax1}) x (Ch1)] 值至少比 [(C_{Lmax2}) x (Ch2)] 值大 20%。

[0071] 类似地,同样提供给一种部分变桨风力涡轮机,包括:

[0072] 风力涡轮机塔架;

[0073] 设于所述塔架顶部的机舱;和

[0074] 至少两个设于位于所述机舱处的转子轮毂上的至少 35 米长的部分变桨转子叶片,所述转子叶片包括设于所述转子轮毂的内叶片段和相对于所述内叶片段俯仰的外叶片段,

[0075] 其中,当所述外叶片段相对于所述内叶片段不俯仰时,所述风力涡轮机用于在第一风速产生额定输出功率,并且其中,所述内叶片段设计为在比所述第一风速大的第二风速进入失速,其中,所述外叶片段在所述部分变桨转子叶片的俯仰连接位处联接至所述内叶片段,其中,

[0076] 所述内叶片段具有第一空气动力学型面,该第一空气动力学型面在所述俯仰连接位处具有第一最大升力系数(C_{Lmax1})和第一弦长(Ch1),并且,

[0077] 所述外叶片段具有第二空气动力学型面,该第二空气动力学型面在所述俯仰连接位处具有第二最大升力系数(C_{Lmax2})和第二弦长(Ch2),并且其中,

[0078] [(C_{Lmax1}) x (Ch1)] 值至少比 [(C_{Lmax2}) x (Ch2)] 值大 20%。

附图说明

- [0079] 现在将描述本发明的实施例,仅通过举例的方式,并参考相应的附图,其中:
- [0080] 图 1 是根据本发明的包括转子叶片的部分变桨风力涡轮机的透视图;
- [0081] 图 2 是根据本发明的一个方面的部分变桨转子叶片的平面图;
- [0082] 图 3 是失速控制的叶型的实施例的截面图;
- [0083] 图 4 是俯仰控制的叶型的实施例的截面图;
- [0084] 图 5 是根据本发明一个方面的部分变桨转子叶片的透视图,示出内叶片段的部分截面;和
- [0085] 图 6 是图 5 的叶片的放大的截面图。

具体实施方式

[0086] 参见图 1 和 2,根据本发明的风力涡轮机总体上用 100 指示。风力涡轮机 100 包括风力涡轮机塔架 102,设于所述塔架 102 顶部的机舱 104,设于所述机舱 104 处的转子轮毂 106。所述转子轮毂 106 上设有一对部分变桨转子叶片 108。

[0087] 参见图 2,转子叶片 108 包括叶片主体,该叶片主体具有安装于所述转子轮毂 106 的根端部 108a 以及远侧尖端部 108b。转子叶片 108 包括设于所述根端部 108a 的内叶片段 110a,和设于所述尖端部 108b 的外叶片段 110b。转子叶片 108 进一步包括变桨系统 112 (pitch system),其设于内叶片段 110a 和外叶片段 110b 之间的连接位。变桨系统 112 用于使外叶片段 110b 相对于内叶片段 110a 俯仰。

[0088] 内叶片段 110a 和外叶片段 110b 设计为具有不同的和有区别的叶片空气动力学型面,使得叶片段可以不同方式运转,并且具有不同功率曲线特征。

[0089] 本发明的系统中,内叶片段 110a 设计为失速控制叶片,而外叶片段 110b 设计为俯仰控制叶片。这意味着,内叶片段 110a 按空气动力学设计,以在大范围的攻角运转,并且当叶片处的风速变得太高时,设计为进入失速。(失速控制段产生的紊动将防止升力作用在转子上)。

[0090] 由于外叶片段 110b 设计为俯仰控制叶片,其空气动力学设计可优化用于小范围攻角内的运转。这种运转可通过出现在涡轮机位置的控制模块(未示出)控制,或者涡轮机运转可通过控制中心远程控制。

[0091] 图 3 示出样本翼型的实施例,用 10 指示,其适用于失速控制的叶型。该叶型包括前缘 12,尾缘 14,上吸力侧 15 和下压力侧 18。失速控制叶片具有相对微小的曲度(或弯曲度),重点是提供了平滑的过失速功率曲线。失速控制叶片具有相对高的最大升力系数(CL_{max}),并且设计为在相对宽的风力速度和相关攻角的风力范围上,以合理的效率运转。

[0092] 合适的失速控制叶型的实施例包括,但不限于,NACA-63-2XX 系列叶型。

[0093] 图 4 示出样本翼型实施例,用 20 指示,其适用于俯仰控制叶型中。该叶型包括前缘 22,尾缘 24,上吸力侧 26 和下压力侧 28。俯仰控制叶片具有相对大的曲度(或弯曲度),并且被优化,以在小的攻角范围内高效运转。

[0094] 合适的俯仰控制的叶型的实施例包括,但不限于,NACA-63-6XX 系列叶型。

[0095] 叶片段的能量产生与叶片段的最大升力系数(CL_{max})和叶片段的弦长度(Chord)的乘积成比例(弦是连接尾缘和翼型截面的前缘的弯曲中心的虚构的直线)。优选地,选择内、外叶片段的叶型,使得内叶片段在俯仰连接位的 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 的值比外叶片段

的 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 的值至少大 20%。

[0096] 两个叶片段的 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 值的不连续性提供一种叶片构造, 该叶片构造适合使用适当的控制方法, 在额定功率输出下, 俯仰外叶片段脱离风, 其中, 由于风速增大超过叶片产生额定功率时的风速, 内叶片段继续产生增大的升力(并因此增加功率产量)。 $[(CL_{max}) \times (Chord)]$ 值的变化目的是保证尽可能长地抑制内叶片段的失速, 以大致上在所有额定功率输出的风速范围, 为内叶片段提供增加的功率产量。

[0097] 可以理解的是, 弦长度可在内、外叶片段各自的俯仰连接位的端部测定。在另一种方法中, 弦长度可测定为邻近该俯仰连接位的一部分叶片段的平均弦长, 例如, 在俯仰连接位 1 米、5 米、10 米等内的叶片段区域的平均弦长。附加地或可选择地, 内叶片段上设置至少一个高升力装置, 以增加升力特性和抑制内叶片段失速。合适的高升力装置的实施例包括, 但不仅限于: 涡流发生器(vortex generator), 格尼襟翼(Gurney Flap), 扰流器, 前缘缝翼/翼缝, 边界层控制装置。进一步, 风力涡轮机叶片可包括至少一个设于俯仰连接位的失速围栏, 以干扰空气的任何纵向横向流动, 并改进叶片性能。

[0098] 在叶片的进一步加强方式中, 或另一可替代的叶片设计中, 构造叶片, 使得内叶片段的弦长值比外叶片段更大。在一个实施例中, 内叶片段的远侧的外面部分包括第一平均弦长, 外叶片段的远侧的外面部分包括第二平均弦长, 该第一弦长大于第二弦长。优选地, 第一平均弦长至少为第二平均弦长的两倍。在每种方式中, 远侧的外面部分包括沿着叶片纵向长度的最大程度的远离叶片根端部的叶片段长度。优选地, 远侧的外面部分是指谈及的叶片段的外面的 2/3 部分, 例如, 对于 30 米的叶片段, 是指外面的 20 米。这种构造可在图 2 中见到, 其中, 内叶片段 110a 的远侧片段包括明显大于外叶片段 110b 的远侧片段的弦线。

[0099] 因此, 与外叶片段相比, 内叶片段具有较高的总升力, 并因此在较高的风速下能够比其他叶片段产生更多的升力, 使得在较高风速下内叶片段成比例的产生更多功率。这种设置使得在涡轮机运转过程中, 风力涡轮机经受的叶片根部力矩减小。

[0100] 由于内、外叶片段 110a, 110b 的型面形状明显不同, 叶片段之间需要有联接件, 使得叶片段联接至用于叶片 108 的变桨系统 112。可以理解的是, 变桨系统 112 通常是圆形结构, 但叶片 108, 包括前缘和后缘, 可以包括在变桨系统 112 处的空气动力学型面。

[0101] 参见图 2 中示出的实施例, 叶片 108 可包括过渡区域(用 113 指示), 设于外叶片段 110b 的俯仰连接位端部。过渡区域 113 的尺寸, 从俯仰控制的外叶片段 110b 的空气动力学型面, 向适于联接至变桨系统 112 的型面(例如, 具有比外叶片段 110b 更宽截面的型面, 以容纳相对较宽的变桨系统 112) 逐渐变小。

[0102] 这个实施例中, 可以理解的是, 空气动力学型面之间的不连续性可从邻近过渡区域 113 的外叶片段 110b 的端部检查到, 也就是, 图 2 上示出的边界点 A 处的外叶片段 110b 的横截面。

[0103] 还可以理解的是, 过渡区域可以附加地或可选择地设于内叶片段 110a 的俯仰连接位端部, 其中, 叶片 108 的内叶片段 110a 逐渐变小, 以联接至相对窄的变桨系统, 该变桨系统安装于俯仰控制的外叶片段。

[0104] 进一步可选择地, 可以理解的是, 叶片可设置有第一和第二过渡区域, 各自用于内、外叶片段。

[0105] 可以理解的是,这种过渡区域 113 并不是对本发明运行必要的,并且内、外叶片段 110a, 110b 的俯仰连接位端部可适用于直接联接至变桨系统 112, 其中,叶片段之间的型面的不连续性在变桨系统 112 处可见。

[0106] 参见图 5, 示出根据本发明的转子叶片 108 的部分横截面透视图, 从根端部 108a 处的尾缘朝前缘和尖端部 108b 看。从这个视图可见设于转子叶片 108 主体内部中的变桨系统 112。外叶片段 110b 包括扫掠型面, 使得叶片 108 的尖端部 108b 向后扫掠, 以改进叶片空气动力学性能。

[0107] 参见图 6, 示出图 5 的连接位的放大的横截面视图。图 6 的实施例中, 在内叶片段 110a 的端部和外叶片段 110b 的端部之间可看见不连续部或跳跃部 (用 114 指示), 指示出每个片段的叶型的相对变化。可以理解的是, 也可以使用叶型的其他变形, 例如更长的弦长, 增加曲度等。

[0108] 优选地, 控制转子叶片, 使得在第一风速 WS1 产生额定输出功率的风力涡轮机, 对高于 WS1 的风速, 开始俯仰外叶片段脱离风, 以减少外叶片段的功率捕获, 并且对高于该第一风速 WS1 的风速, 相应地减小叶片根部力矩。部分变桨转子叶片的混合设计, 其中, 外叶片段设计为俯仰控制, 内叶片段设计为失速控制, 确保内叶片段的运转随风速增加而增加功率捕获, 并且当风速增加至 WS1 以上时, 能够用于成比例地产生更多功率。

[0109] 由于内叶片段 (邻近转子轮毂设置) 产生更多功率, 随后风力涡轮机结构经受的力臂降低, 导致在风力涡轮机结构中的载荷降低。因此, 风力涡轮机结构设计可重新调整, 以应对降低的载荷和疲劳, 从而导致工程费用和要求降低。

[0110] 优选地, 内叶片段的表面积大致等于外叶片段的表面积, 并且内叶片段的纵向长度约等于外叶片段的纵向长度的一半。

[0111] 现有技术的叶片试图通过俯仰外叶片段控制涡轮机运转, 以从这些外叶片段提供恒定输出功率, 然而在本发明中, 从内叶片段中连续增加的功率捕获, 使得在风速增加时, 功率生产从外叶片过渡至内叶片段, 因此, 减小了叶片根部力矩。

[0112] 当通过内叶片段成比例产生更多的功率时, 由于力臂更短, 因此, 减小叶片力矩。

[0113] 适合于使用这种叶片的控制方法在未决丹麦专利申请 No PA 2011 70210 中描述, 在此将该专利申请通过引用方式并入。

[0114] 本申请不限于本文描述的实施例, 并且在不脱离本发明的范围内修改并适用。

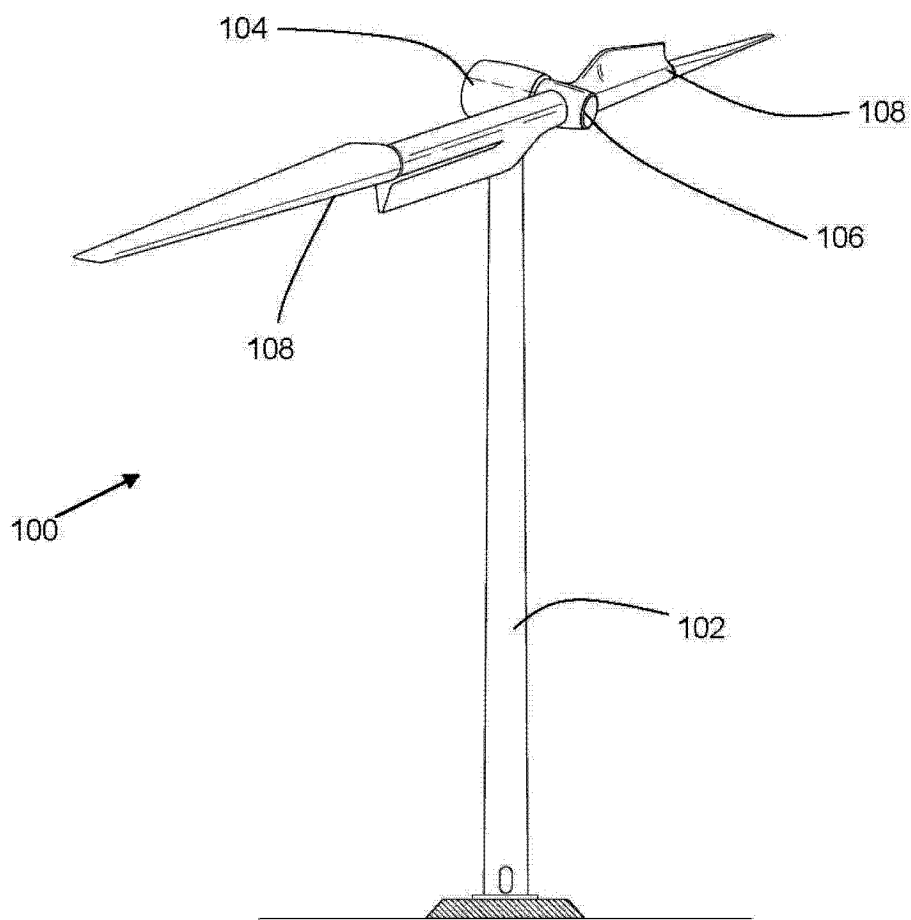


图 1

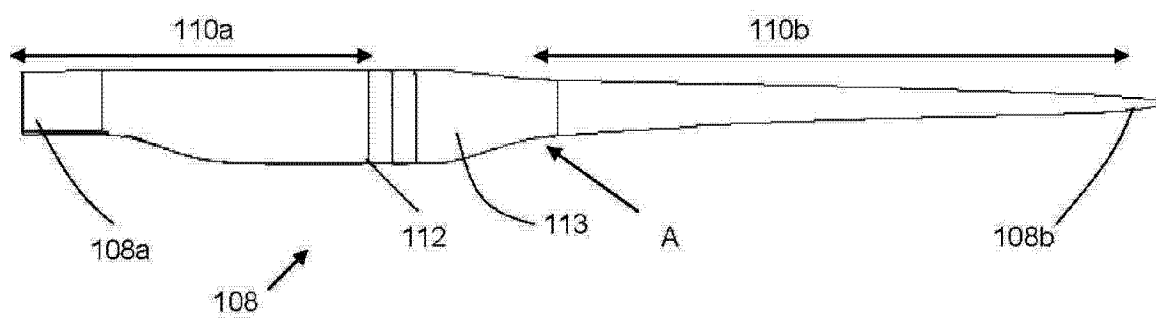


图 2

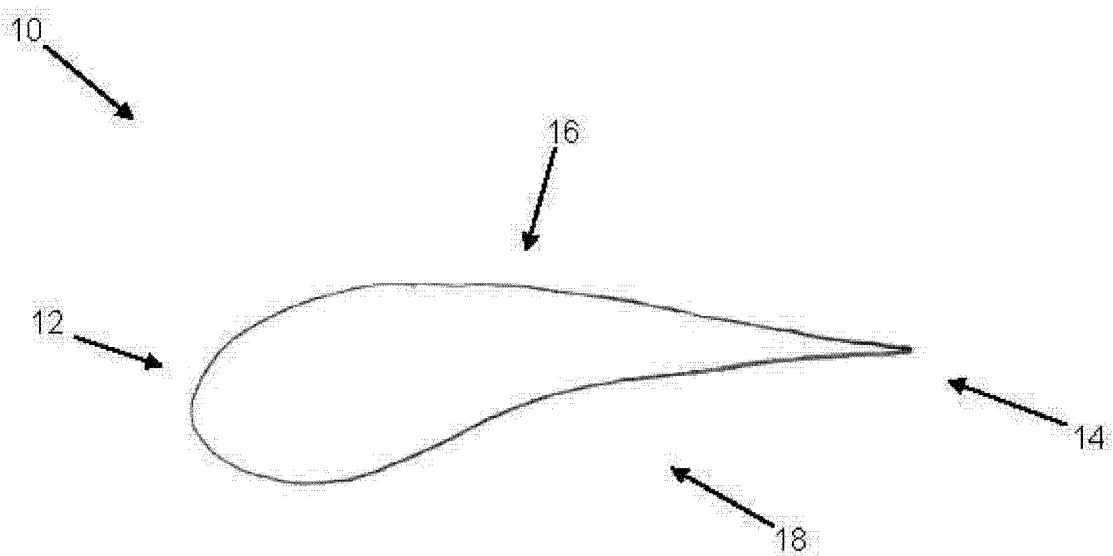


图 3

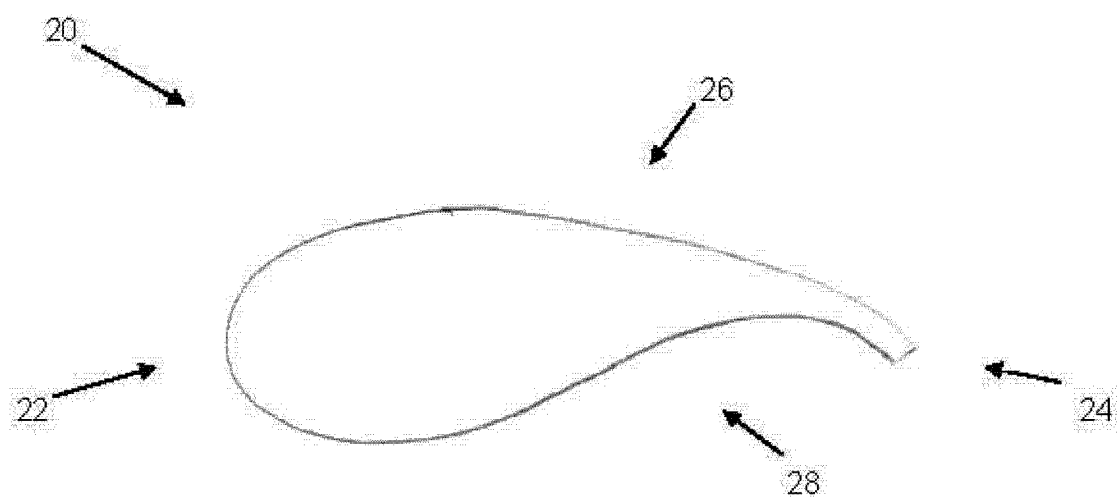


图 4

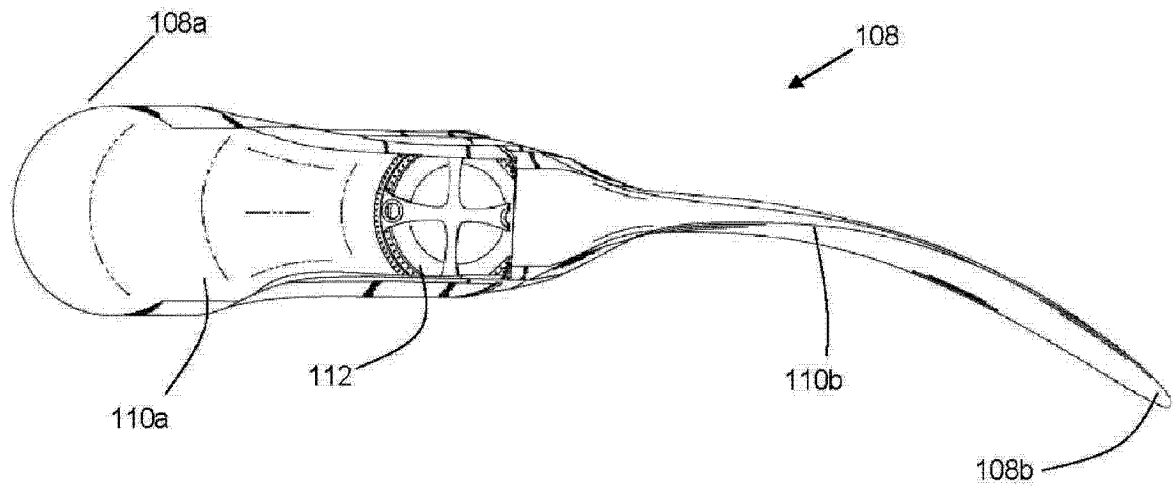


图 5

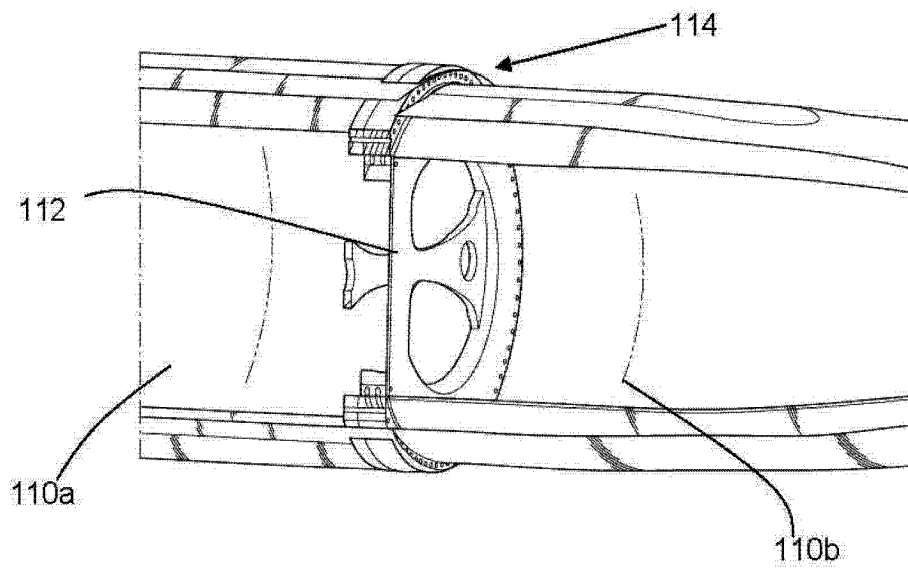


图 6