



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102459874 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201080026317. 2

代理人 蔡洪贵

(22) 申请日 2010. 05. 19

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F03D 1/06 (2006. 01)

PA200970008 2009. 05. 19 DK

61/179, 534 2009. 05. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/056925 2010. 05. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/133649 EN 2010. 11. 25

(73) 专利权人 维斯塔斯风力系统集团公司

地址 丹麦奥胡斯

(72) 发明人 K·B·戈斯克

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

(56) 对比文件

JP 56-138465 A, 1981. 10. 29, 全文.

JP 61-167175 A, 1986. 07. 28, 全文.

CA 2425447 A1, 2004. 10. 17, 全文.

WO 2007/045244 A1, 2007. 04. 26, 全文.

WO 2007/057021 A1, 2007. 05. 24, 全文.

审查员 张广宇

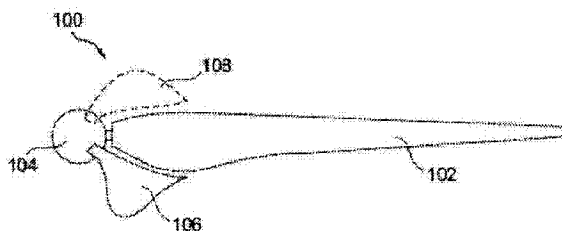
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

风力涡轮机和用于风力涡轮机的叶片

(57) 摘要

一种风力涡轮机,具有安装到轮毂区段上的转子,所述转子包括多个叶片,至少一个叶片包括可选地是可变浆距的主叶片区段和安装到所述轮毂区段上的辅助叶片区段。所述辅助叶片区段被布置在所述主叶片区段的前缘和 / 或后缘的区域内,使得每个叶片由此具有由所述辅助叶片区段形成的前缘缝翼或者后缘襟翼,从而增大所述叶片的平面形状面积并且增大空气动力学推力。一种用于风力涡轮机的控制方法控制主叶片区段和辅助叶片区段,从而提供不同的攻角以便在风速突然极端改变时诸如在风力涡轮机空载期间减小不期望的负载。在单独的方面,本发明提供一种具有叶片的风力涡轮机,所述叶片具有不可变浆距的前缘缝翼,所述前缘缝翼在叶片纵向方向上延伸转子半径的最多 40%。



1. 一种风力涡轮机,具有安装到轮毂区段上的转子,所述转子包括多个叶片并且可以绕着所述风力涡轮机的主轴线旋转,其中所述轮毂区段可以绕着轮毂轴线旋转,所述轮毂轴线与所述风力涡轮机的所述主线固定地同轴对齐,所述转子的所述多个叶片中的至少一个叶片包括:

- 主叶片区段,所述主叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主线旋转,所述主叶片区段是可变浆距的;

- 辅助叶片区段,所述辅助叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主线旋转;

其中,所述辅助叶片区段被布置在所述主叶片区段的前缘和 / 或后缘的区域内;

其特征在于,每个辅助叶片区段被安装到所述轮毂区段并且被设置成使得它为所述主叶片区段形成前缘缝翼或者后缘襟翼,从而增大所述叶片的平面形状面积并且增大空气动力学推力。

2. 如权利要求 1 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段以其位置和定向相对所述轮毂区段固定的方式被紧固到所述轮毂区段上,使得所述辅助叶片区段以不可变浆距方式被安装到所述轮毂区段上。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段中的每个在所述叶片的纵向方向上延伸所述转子的半径的最多 40%。

4. 如权利要求 3 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述前缘缝翼或所述后缘襟翼被布置成与所述转子的末端部分相比更靠近所述转子的轮毂部分。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段的数目选择成使得所述主叶片中的每个具有一个且仅有一个前缘缝翼和 / 或具有一个且仅有一个后缘襟翼。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段的数目选择成使得所述主叶片中的每个具有多个前缘缝翼和 / 或多个后缘襟翼。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,当在横截面上观察时,所述前缘缝翼或者后缘襟翼中的每个的弦线相对于所述主叶片区段中的相应一个的弦线垂直地偏移。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,还包括在所述辅助叶片区段的抽吸侧上的涡流产生结构。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段形成前缘缝翼,所述前缘缝翼的后缘被布置成与所述主叶片区段的前缘相隔一段距离,从而由此提供从所述前缘缝翼的压力侧到所述主叶片区段的抽吸侧的流动通道。

10. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段形成后缘襟翼,所述后缘襟翼的前缘被布置成与所述主叶片区段的后缘相隔一段距离,从而由此提供从所述主叶片区段的压力侧到所述后缘襟翼的抽吸侧的流动通道。

11. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述主叶片区段中的每个具有钝形后缘。

12. 如权利要求 11 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述钝形后缘的厚度是所述主叶片区段的弦长的至少 2%。

13. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段仅仅设置在

所述主叶片区段的具有至少 30% 的厚度 - 弦长比的部分上。

14. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段中的每个在所述叶片的纵向方向上延伸所述转子的半径的最多 30%。

15. 如权利要求 1 或 2 所述的风力涡轮机,其特征在于,所述辅助叶片区段中的每个在所述叶片的纵向方向上延伸所述转子的半径的最多 20%。

16. 一种控制风力涡轮机运行的方法,所述风力涡轮机具有安装到轮毂区段上的转子,所述转子包括多个叶片并且可以绕着所述风力涡轮机的主轴线旋转,其中所述轮毂区段可以绕着轮毂轴线旋转,所述轮毂轴线与所述风力涡轮机的所述主线轴固定地同轴对齐,所述转子的所述多个叶片中的至少一个叶片包括:

- 可变桨距的主叶片区段,所述主叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主线轴旋转;

- 辅助叶片区段,所述辅助叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主线轴旋转;

其中,所述辅助叶片区段被安装到所述轮毂区段并且被布置在所述主叶片区段的前缘和 / 或后缘的区域内使得它为所述主叶片区段形成前缘缝翼或者后缘襟翼;

所述方法包括以下步骤:

- 以相对于迎面风成第一攻角布置所述可变桨距的主叶片区段;

- 以相对于所述迎面风成第二攻角布置所述辅助叶片区段,所述第二攻角与所述第一攻角不同。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,空气动力学失速在所述可变桨距的主叶片区段的所述第一攻角下实现。

18. 如权利要求 16 或 17 所述的方法,其特征在于,在所述风力涡轮机的空载运行期间,所述主叶片区段的所述第一攻角被设定成使得大体没有推力被赋予在所述主叶片区段上。

19. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,在所述风力涡轮机的空载运行期间,所述辅助叶片区段的所述第二攻角在所述辅助叶片区段上提供空气动力学推力。

20. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,在所述风力涡轮机的空载运行期间,所述辅助叶片区段的所述第二攻角在所述辅助叶片区段上大体没有提供空气动力学推力。

21. 如权利要求 16 或 17 所述的方法,其特征在于,所述第一攻角和所述第二攻角被设定成使得风向的突然极端改变增大所述叶片区段中的一个上的空气动力学推力、并且减小所述叶片区段中的另一个上的空气动力学推力。

22. 如权利要求 16 或 17 所述的方法,其特征在于,所述辅助叶片区段是可变桨距的,以及以相对于所述迎面风成第二攻角布置所述辅助叶片区段的步骤包括使所述第二叶片区段变桨距的步骤。

23. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述风力涡轮机在不能获得所述风力涡轮机的额定输出功率的迎面风速下根据局部负载控制方案运行,所述风力涡轮机在能够获得所述风力涡轮机的额定输出功率的迎面风速下根据额定控制方案运行,在局部负载条件下所述辅助叶片区段被变桨距以提供空气动力学推力,以及在能够获得额定负载的条件下所述辅助叶片区段被变桨距到不产生推力的位置。

24. 如权利要求 23 所述的方法,其特征在于,在风速超过能够获得额定输出功率的风速的 95% 时,所述辅助叶片区段被变桨距到不产生推力的位置。

风力涡轮机和用于风力涡轮机的叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括具有至少一个叶片的转子的风力涡轮机,以及涉及一种用于这种风力涡轮机的叶片。更具体地,本发明涉及一种针对诸如前缘缝翼和 / 或后缘襟翼的辅助叶片部分作出的改进,以增加推力 (lift)。

背景技术

[0002] 通常期望风力涡轮机转子能够在给定的风速下产生尽可能多的能量。然而,风力涡轮机转子叶片的内部部件必须满足与结构、制造和运输有关的约束条件,这会抵消针对优化推力的措施。结构化约束包括风力涡轮机叶片的厚度必须向着叶片根部区段增加。

[0003] 风力涡轮机转子的转数、它们的功率输出以及风力涡轮机叶片上的负载通常通过控制叶片的桨距即控制叶片在风中的扭转程度来管理。通常地,降低的桨距角会增加风力涡轮机转子叶片上的负载并且由此增加在给定风速下从风中获得的能量值。然而,桨距需要保持在限定值之内,从而避免空气动力学失速或者叶片上的过载。为了优化功率输出,大多数现代风力涡轮机都装配有桨距控制系统,用于根据测量的或者估计的参数诸如输出功率来控制叶片的桨距角。

[0004] 风力涡轮机设计中的一项关注内容是在极端风力条件下、在强风发生时、或者在风向突然改变时保护受到作用力和转矩的部件避免发生过载。

发明内容

[0005] 本发明实施例的目的是提供风力涡轮机和风力涡轮机叶片配置的改进,以增大功率输出。本发明的实施例主要关注于增大根部附近即叶片轮毂区段附近叶片上的推力。更具体地,本发明实施例的目的是以避免叶片与塔架之间碰撞的方式增大风力涡轮机叶片的弦长和 / 或平面形状面积,即便是在桨距可控风力涡轮机中。本发明实施例的另一个目的是便于叶片的运输。本发明实施例的另一个目的是提供风力涡轮机控制,这会降低在突然的极端风向改变时机械过载的风险。

[0006] 在第一方面,本发明提供一种风力涡轮机,具有安装到轮毂区段 (hub section) 上的转子,所述转子包括多个叶片并且可以绕着所述风力涡轮机的主轴线旋转,其中所述轮毂区段可以绕着轮毂轴线旋转,所述轮毂轴线与所述风力涡轮机的所述主轴线固定地同轴对齐,所述转子的所述多个叶片中的至少一个叶片包括:

[0007] - 主叶片区段,所述主叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主轴线旋转,所述主叶片区段可选地是可变桨距的;

[0008] - 辅助叶片区段,所述辅助叶片区段被安装到所述轮毂区段并且被布置成由风驱动以绕着所述主轴线旋转;

[0009] 其中,所述辅助叶片区段被布置在所述主叶片区段的前缘和 / 或后缘的区域内,使得每个叶片由此具有由所述辅助叶片区段形成的前缘缝翼或者后缘襟翼,从而增大所述叶片的平面形状面积并且增大空气动力学推力。

[0010] 归因于辅助叶片区段,叶片的平面形状面积被增大,从而增大推力。为了避免在叶片运行期间主叶片区段和/或辅助叶片区段的根部/轮毂部分在变桨距状态下与塔架发生碰撞,辅助叶片区段优选分开地安装到轮毂上,从而使得它可以相对主叶片独立地变桨距,或者辅助叶片区段以固定的不可变桨距方式安装。替代地,由于辅助叶片区段具有减小的弦长的主叶片可以相对辅助叶片区段独立地变桨距并且避免塔架碰撞。而且,由于辅助叶片区段可以单独地运输,因此主叶片减小的弦长可以更便于运输。由此,叶片在它们的使用配置下(即当被安装到风力涡轮机上时)可具有相对较大的弦长,当主叶片区段和辅助叶片区段是分开的并且由此可被单独运输时,叶片在它们的运输配置下可具有较小的弦长。

[0011] 通常地,辅助叶片区段优选地设置或者配置成使得穿过叶片的任何横截平面包括主叶片区段的弦线以及辅助叶片区段的弦线。换句话说,辅助叶片区段的弦线平面优选地也是主叶片区段的弦线平面。

[0012] 每个辅助叶片区段优选地配置以及设置成使得它形成用于主叶片区段的前缘缝翼或者后缘襟翼。由此,由于辅助叶片区段基本上在主叶片区段的前缘和/或后缘形成为主叶片区段的延伸部,因此主叶片区段和辅助叶片区段可提供协同作用的空气动力学效应。在本发明实施例中,主叶片区段包括前缘区域内的一个单个辅助叶片区段和/或后缘区域内的一个单个辅助叶片区段。

[0013] 在一个实施例中,其中辅助叶片区段被设置为可变桨距后缘,风力涡轮机的控制系统可被配置成在叶片通过塔架时调节桨距从而确保不会发生碰撞。替代地,辅助叶片区段的桨距可被限定从而避免塔架碰撞。在另一个替代方案中,如上所述,后缘以不可变桨距方式固定到轮毂。

[0014] 在本文中,术语“变桨距”或“可变桨距”包括叶片或叶片区段相对于轮毂区段绕着与风力涡轮机主轴线垂直延伸的轴线在叶片的纵向方向上进行旋转的能力。术语“偏航”或“偏航角”指的是转子平面相对于迎面风的定向。风力涡轮机的偏航或偏航角通常可以通过使机舱相对于风力涡轮机竖直塔架的旋转而进行控制,机舱支承主轴、转子和其它驱动部件(例如齿轮箱和发电机)。术语“攻角”指的是风力涡轮机叶片或者它的一个区段上的参考直线(通常是机翼的弦线)与表示叶片或叶片区段与迎面风(即迎面的空气气流)之间相对运动的向量之间的角度。

[0015] 术语“轮毂”代表一结构部件,该部件使风力涡轮机的叶片与主轴相互连接。轮毂由此将转子的驱动转矩传递到主轮机的驱动轴,即传递到主轴。在包括可变桨距叶片的风力涡轮机中,轮毂通常还包括或者容纳有桨距控制机构,用于使叶片或叶片区段绕着它们的纵向轴线旋转。轮毂可以例如由铁、钢或能够承受以及将转子转矩传递到主轴的强合成材料制成。在大多数现代风力涡轮机中,盖(即所谓的整流罩)被设置用于覆盖轮毂。整流罩保护轮毂免受雨水和灰尘,它提供了用于流经风力涡轮机的风的空气动力学表面,并且它还基于美学原因提供。然而,整流罩通常不是像轮毂那样的转矩传递部件。

[0016] 术语“主轴线”应当被理解为风力涡轮机主轴的轴线,即风力涡轮机发电运行期间转子旋转所围绕的轴线。主轴线通常与主风向对齐,并且转子平面通常基本上与主轴线垂直。叶片的驱动转矩由此传递到主轴,该主轴与主轴线同轴延伸。

[0017] 可以理解的是,本发明特别涉及到对于所谓的水平轴线风力涡轮机(HAWT)的改进,这种风力涡轮机具有主轴以及在塔架顶部的发电机。主轴线基本上是水平的,并且转子

平面基本上是垂直的,尽管主轴线和转子平面可以倾斜。

[0018] 本发明的第一方面的发明特别关注于叶片的根部/轮毂区段或其附近。在较小半径处,穿过叶片的流动速度与较大半径处的流动速度相比相对较小,以及由此推力较小。在流动速度较高的较大半径处,辅助叶片区段不需要显著程度地增大推力。由此,每个辅助叶片区段优选地在叶片纵向方向延伸转子半径的最多 40%,诸如最多 30%或者最多 20%,优选地辅助叶片区段设置成相比叶片的末端部分更靠近叶片的轮毂/根部部分。

[0019] 在第二方面,本发明提供一种控制风力涡轮机运行的方法,所述风力涡轮机具有安装到轮毂区段上的转子,所述转子包括多个叶片并且可以绕着所述风力涡轮机的主轴线旋转,其中所述轮毂区段可以绕着轮毂轴线旋转,所述轮毂轴线与所述风力涡轮机的所述主线轴固定地同轴对齐,所述转子的所述多个叶片中的至少一个叶片包括:

[0020] - 可变桨距的主叶片区段,所述主叶片区段被布置成由风驱动以绕着所述主线轴旋转;

[0021] - 辅助叶片区段,所述辅助叶片区段被安装到所述轮毂区段并且被布置成由风驱动以绕着所述主线轴旋转;

[0022] 其中,所述辅助叶片区段被布置在所述主叶片区段的前缘和/或后缘的区域内;

[0023] 所述方法包括以下步骤:

[0024] - 以相对于迎面风成第一攻角布置所述可变桨距的主叶片区段;

[0025] - 以相对于所述迎面风成第二攻角布置所述辅助叶片区段,所述第二攻角与所述第一攻角不同。

[0026] 可以理解的是,风力涡轮机可包括根据本发明第一或第三方面的风力涡轮机。

[0027] 在正常条件期间,即在发电运行期间,主叶片区段通常变桨距到产生推力的位置。在异常条件期间、例如在极端风速下,主叶片区段可变桨距到不产生推力的位置,通常为 90 度桨距角、即空载位置。在发生突然的极端风向改变时、例如风向改变接近 90 度,推力会不可避免地出现在主叶片区段上,原因是风力涡轮机的变桨距和偏航控制系统仅仅能够在几分之一秒的延期内、或者甚至是几秒的延期内作出反应。这种推力可导致绕着轴线的转矩,该轴线并没有与风力涡轮机的主轴线重合,并且由此是不期望的。然而,风力涡轮机叶片和叶片支承件必须被建造成在结构上抵抗住在突然的极端风向改变之后发生的负载。

[0028] 本发明第二方面的实施例降低了在突然的极端风向改变时在风力涡轮机叶片上产生的不期望的推力。在突然的极端风向改变发生之后,推力有可能在主叶片上发生但是并不一定在辅助叶片区段上发生,该辅助叶片区段相比主叶片区段与迎面气流具有不同的攻角。这样,直到风力涡轮机的桨距和/或偏航控制有时间作出反应之前都会产生的不期望负载能够被减小。

[0029] 换句话说,一旦出现突然的极端风向改变,推力会出现在主叶片区段上。如上所述,这种推力是极度不期望的并且是有害的,原因是它提供了绕着与风力涡轮机主线轴垂直的轴线的转矩。然而,同时,风向的改变导致了辅助叶片区段上攻角的改变,这会导致辅助叶片区段上的推力的丧失。这样,叶片上的不期望的/有害的推力与假定主叶片区段和辅助叶片区段一起变桨距相比会更低。

[0030] 优选地,风力涡轮机的偏航和/或桨距控制会通过使转子平面返回到基本上与风向垂直的定向而补偿风向改变。然而,在偏航控制作出反应之前存在一定的延时,并且在这

个延时期限内,主叶片区段和辅助叶片区段的各个变桨距位置导致减小的推力以及由此减小的转矩。

[0031] 由此可以理解的是,本发明的第二方面致力于控制突然的转变,特别是发生风向的突然改变,例如当风力涡轮机处于空载运行中,其中主叶片区段被变桨距到相对于迎面气流成大约 90 度角度。通常地,第一攻角因此可用是获得空气动力学失速的攻角。主叶片区段由此可以正向或负向地变桨距,即朝着主叶片区段的抽吸侧或压力侧中任一个被变桨距到风中使得迎面风分别撞击压力或抽吸侧的位置。

[0032] 在风力涡轮机的空载运行期间,主叶片区段的第一攻角可被设定成使得在主叶片区段上基本上没有任何推力。当不发电时例如在维修期间或者极端风力条件期间(例如在暴风雨或者飓风期间),空载运行通常是期望的。

[0033] 辅助叶片区段的第二攻角可在辅助叶片区段上提供空气动力学推力,甚至是当主叶片区段上不期望任何推力时,例如在空载期间或者停顿时期。辅助叶片区段上的这种空气动力学推力在空载期间是可以接受的,原因是它仅仅提供了绕着风力涡轮机主轴线的负载驱动转矩。这种配置的好处在于:一旦出现突然的极端风向改变(这会导致主叶片区段上的不期望推力),辅助叶片区段上没有推力或者仅仅存在减小的推力。由此在空载期间在辅助叶片区段上发生不需要的推力是可以接受的,原因是这种推力导致了绕着风力涡轮机主轴线的驱动转矩,叶片和它们的支承件的尺寸被制造成能够抵抗住这种驱动转矩并且由此这种驱动转矩在结构方面是无害的。在空载期间在辅助叶片区段上发生的不需要推力的运行性缺点能够被接受,原因是风力涡轮机可相对容易地通过机械制动器而停止。在非发电运行期间,转子由于辅助叶片区段上的推力而低速旋转是可被接受的。此外,辅助叶片区段在被设置成后缘襟翼的情况下通常被设置成至少部分地处于主叶片区段的背风部内,以及由此在空载位置由辅助叶片区段产生的不需要或不期望的推力可被忽略。

[0034] 在其它实施例中,当主叶片区段处于第一攻角时(例如在空载期间),辅助叶片区段的第二攻角基本上在辅助叶片区段上没有提供任何空气动力学推力。由此,辅助叶片区段的桨距可被控制,使得在空载期间确保失速,即辅助叶片区段在空载运行期间没有提供任何推力。然而,辅助叶片区段的变桨距可以使得一旦出现突然的极端风向改变辅助叶片区段不提供推力或者仅仅提供极为有限的推力。

[0035] 由此可以理解的是,通常地,第一和第二攻角可被设定成使得突然的极端风向改变增大了叶片区段上的空气动力学推力以及降低了另一个叶片区段上的空气动力学推力。

[0036] 辅助叶片区段可以变桨距,在这种情况下以相对于迎面风成第二攻角布置所述辅助叶片区段的步骤可包括使第二叶片区段变桨距的步骤。在替代的实施例中,辅助叶片区段以不可变桨距方式固定到轮毂区段。

[0037] 为了使辅助叶片区段在风力涡轮机局部负载下受益,以及为了保护辅助叶片区段在额定负载下的运行期间免受高负载,风力涡轮机在不能获得风力涡轮机额定输出功率的迎面风速下根据局部负载控制方案运行,以及风力涡轮机在能够获得风力涡轮机额定输出功率的迎面风速下根据额定控制方案运行。在局部负载条件下,辅助叶片区段可以变桨距从而提供空气动力学推力,然而在额定负载的条件下,辅助叶片区段可以变桨距到未产生推力位置,或者至少变桨距到由辅助叶片区段产生的推力以及由此该叶片上的空气动力学

负载可以忽略的位置。这样,风力涡轮机的效率可以在局部负载下通过辅助叶片区段而提高,并且甚至辅助叶片区段可在较高的风速下(即在额定功率运行时)免受高的空气动力学负载。

[0038] 经验已经显示出,如果强风出现在功率输出曲线从局部负载到额定负载转变时,强风尤其有害。这样,在风速超过可获得额定功率输出的风速的 90% 或者 95% 时、即风速低于从局部负载到额定负载的转变大约 5-10% 时,辅助叶片区段可有利地通过变桨距到不产生推力位置而被进一步保护。

[0039] 在本文中,额定功率输出可被理解为给定风力涡轮机的最大期望功率输出,这是通常不能被超过的输出功率水平,即便风速将会导致更高的功率输出是可能的。这样,一旦风速足够高从而获得额定功率输出,那么风力涡轮机通过使叶片变桨距而被控制从而限定功率输出。在局部负载下,风速不足以获得额定功率输出。

[0040] 在第三方面,本发明提供了一种风力涡轮机叶片,包括主叶片区段和至少一个前缘缝翼,所述前缘缝翼在所述叶片的纵向方向上延伸转子的半径的最多 40%。前缘缝翼可被设置成与叶片的末端部分相比更靠近叶片的轮毂部分。前缘缝翼可被展开以允许叶片以更高攻角运行以及由此增大推力,其特别地针对叶片的轮毂/根部区段或其附近,即在流动速度相对较小的较小半径处。前缘缝翼优选地设置或者配置成使得穿过叶片的任何横截面都包括主叶片区段的弦线以及前缘缝翼的弦线。前缘缝翼的弦线平面由此优选地也是主叶片区段的弦线平面。前缘缝翼可以是可变桨距的或者不可变桨距的。对于前缘缝翼,塔架碰撞的风险基本上不再关注,以及由此前缘缝翼可被设置成随主叶片区段变桨距。然而在其它实施例中,缝翼可以独立于主叶片区段而可变桨距或者以固定的不可变桨距方式安装到轮毂上。在缝翼在全部运行条件下随主叶片区段变桨距或者对于不可变桨距失速控制风力涡轮机的实施例中,缝翼可以例如通过固定支承件被安装到主叶片区段上。

[0041] 本发明还提供一种具有转子的风力涡轮机,转子包括多个叶片,多个叶片中的至少一个叶片优选地全部叶片是根据本发明第三方面的叶片。

[0042] 下面的描述应用于本发明的所有方面。

[0043] 辅助叶片区段即前缘缝翼和/或后缘襟翼可通过固定支承件而被安装到轮毂或者主叶片区段。在替代的实施例中,它们可以移动,例如可变桨距和/或在弦长方向上移动,从而使得它们可以在特定流场条件下(例如在高风速下)缩回。

[0044] 当缝翼和襟翼展开时所获得效果在于叶片被允许以较大攻角运行并且增大推力,原因是失速速度降低。前缘缝翼和/或后缘襟翼可分别地设置成形成缝的缝翼或者襟翼。这会带来额外的好处:来自于压力侧的空气可流过缝并且延迟抽吸侧上的流动分离。这样,在前缘缝翼的情况下,前缘缝翼的后缘可被设置成相距主叶片区段的前缘一段距离,从而提供从前缘缝翼的压力侧到主叶片区段的抽吸侧的流动通道。在后缘襟翼的情况下,后缘襟翼的前缘可被设置成与主叶片区段的后缘相距一段距离,从而由此提供从主叶片的压力侧到后缘襟翼的抽吸侧的流动通道。主叶片区段与后缘襟翼和/或前缘缝翼之间的流动通道可积极地影响叶片的空气动力学。具体地,流动通道允许能量从前缘缝翼的压力侧传递到主叶片的抽吸侧,和/或从主叶片的压力侧转移到后缘襟翼的抽吸侧。由此,流动分离即分别在主叶片区段和/或后缘襟翼的空气动力学失速可在特定攻角下避免,否则在此角度下可发生失速。这样,相比假定不存在流动通道的话,流动通道允许叶片区段以稍稍较高的

攻角运行。

[0045] 辅助叶片区段的设置即叶片根部附近（即轮毂附近）的前缘缝翼和 / 或后缘襟翼可给叶片的内侧部分提供附加的空气动力学推力。由于通常期望使主叶片区段的最内侧部分（即连接到轮毂的部分）具有圆形横截面，因此主叶片区段的根部部分通常提供了从产生推力的机翼形状（在横截面观察时）到圆形横截面的逐渐过渡。这种过渡会损害空气动力学推力。然而辅助叶片区段可对轮毂附近的叶片产生推力，由此增大风力涡轮机的效率，以便至少部分地补偿由于前述过渡所导致的推力损失。

[0046] 前缘缝翼和 / 或后缘襟翼（辅助叶片区段）的数目可被选择成使得每个主叶片具有一个且仅有一个前缘缝翼和 / 或具有一个且仅有一个后缘襟翼。在其它实施例中，前缘缝翼和 / 或后缘襟翼（辅助叶片区段）的数目可被选择成使得每个主叶片都具有多个前缘缝翼和 / 或多个后缘襟翼。例如，多个缝翼或者襟翼可被设置在沿着主叶片区段长度的不同半径处。

[0047] 前缘缝翼和 / 或后缘襟翼的弦线可基本上接着主叶片区段的弦线延伸。然而，为了增强缝翼和 / 或襟翼的空气动力学优势，在与主叶片区段纵向轴线垂直的横截面观察时，每个前缘缝翼和 / 或后缘襟翼的弦线都可以与相应的一个主叶片区段的弦线垂直地偏移。

[0048] 为了延迟流动分离和 / 或增大推力，涡流发生器可设置在主叶片区段或者前缘缝翼和 / 或后缘襟翼（辅助叶片区段）的抽吸侧。

[0049] 主叶片区段可具有沿着它们的至少一部分长度的钝形后缘，例如在后缘襟翼区域内的较小半径处。钝形后缘的厚度优选地至少为主叶片区段弦长的 1%，例如至少 2% 或者至少 5%。钝形后缘可优选地设置在具有厚度 - 弦长比至少为 30% 例如至少 32%、至少 35%、至少 37%、至少 40% 或者至少 45% 的叶片半径处。

[0050] 前缘缝翼和 / 或后缘襟翼（辅助叶片区段）主要用于叶片的较小半径部分，此处的叶片厚度相对较大并且已经发现前缘缝翼和后缘襟翼在此处对于空气动力学推力具有最大的影响。由此，在本发明特定实施例中，前缘缝翼和 / 或后缘襟翼（辅助叶片区段）被仅仅设置在主叶片上其厚度弦长比至少为 30% 例如至少 32%、至少 35%、至少 37%、至少 40% 或者至少 45% 的部分。

[0051] 通过上面的本发明概述，可以理解到本发明基本上提供了一种具有转子的风力涡轮机，转子安装到轮毂区段上，其中转子和轮毂区段可绕着风力涡轮机主轴线旋转，以及其中转子包括多个叶片，每个叶片包括：

[0052] - 主叶片区段；

[0053] - 固定到轮毂区段并且设置成与主叶片区段一起被驱动的辅助叶片区段；

[0054] 其中，辅助叶片区段在转子旋转方向上被布置在主叶片的前缘前方和 / 或后缘之后，使得每个叶片因此具有由辅助叶片区段形成的前缘缝翼和 / 或后缘襟翼，从而增大叶片的平面形状面积以及增大空气动力学推力。

附图说明

[0055] 下面参考附图进一步描述本发明实施例，其中：

[0056] 图 1 显示了根据本发明第一和第三方面的风力涡轮机的侧视图，该风力涡轮机包

括具有两个辅助叶片区段的叶片；

[0057] 图 2 是图 1 中叶片的横截面图；

[0058] 图 3 是替代的叶片配置的横截面图，该配置包括横向偏移的后缘襟翼；

[0059] 图 4 和 5 显示了具有可变桨距叶片的风力涡轮机；

[0060] 图 6a-6c 显示了根据本发明第一方面的风力涡轮机，该风力涡轮机包括后缘襟翼；

[0061] 图 7 显示了形成缝的后缘襟翼的横截面图；以及

[0062] 图 8 和 9 分别显示了根据本发明第二方面运行的叶片的横截面图和侧视图。

具体实施方式

[0063] 图 1 显示了根据本发明第一方面的风力涡轮机的侧视图，该风力涡轮机包括叶片 100，该叶片 100 具有连接到轮毂 104 的主叶片区段 102、以及两个辅助叶片区段 106 和 108。辅助叶片区段 106 是位于叶片根部 / 轮毂区段的后缘襟翼，以及辅助叶片区段 108 是前缘缝翼。前缘缝翼 108 以虚线显示。如图 2 所示，后缘襟翼 106 和前缘缝翼 108 可分别设置成形成缝的襟翼和缝翼，使得在主叶片区段 102 的后缘与后缘襟翼 106 的前缘之间具有缝隙 110、以及在前缘缝翼 108 的后缘与主叶片区段 102 的前缘之间具有缝隙 112。如图所示，主叶片区段 102 可具有面向缝隙 110 的钝形后缘。图 3 显示了一个实施例，其中后缘襟翼偏移一个横向距离（图 3 横截面图中的垂直距离）。同样地，前缘缝翼可与主叶片区段垂直地偏移（未示出）。

[0064] 在图 1 中，前缘缝翼 108 连接到轮毂 104。然而，前缘缝翼 108 可以连接到主叶片区段 102，而没有直接与轮毂 104 相连接。

[0065] 应当理解的是，当在横截面观察时，襟翼 106 相对于主叶片 102 的垂直和水平位置可沿着叶片长度改变。由此，例如在一个半径处，襟翼 106 可如图 2 中进行设置，而在不同半径处可如图 3 中进行设置。

[0066] 图 4 和 5 显示了具有可变桨距叶片的风力涡轮机 200。风力涡轮机包括机舱 202，机舱 202 包括风力涡轮机的传动机构以及能量转换器（例如发电机）。在图 4 中，叶片设置成大致零桨距，并且不存在叶片碰撞塔架 204 的风险。然而在图 5 中，叶片变桨距到 90 度，并且如所示叶片具有大弦长的部分（即靠近叶片根部 / 轮毂的叶片部分）会碰撞塔架 204。然而，如果叶片的大弦长部分如图 1 所示具有主叶片区段 102 和后缘襟翼 106，后缘襟翼 106 可以以避免与塔架碰撞的方式进行控制。例如，后缘襟翼 106 可以以不可变桨距方式固定到轮毂，或者后缘襟翼 106 的桨距可以以与主叶片区段 102 的桨距控制无关的方式被控制。

[0067] 图 6a-6c 是根据本发明第一方面的风力涡轮机的示意图，包括主叶片区段 102 和形成缝的后缘襟翼 106。轮毂被整流罩 105 覆盖，以及后缘襟翼 106 以固定的、不可变桨距方式安装到轮毂 104。图 7 显示了形成缝的后缘襟翼 106 的横截面视图。

[0068] 图 8 和 9 分别地显示了根据本发明第二方面运行的叶片的横截面图和侧视图。在图 8 和 9 中，主叶片区段 102 相对于辅助叶片区段（即相对于后缘襟翼 106 和前缘缝翼 108）变桨距大约为 90 度。图 8 仅仅显示了主叶片区段 102 的变桨距位置，然而图 9 以虚线显示了主叶片区段 102 的 90 度变桨距位置以及以实线显示了主叶片区段 102 的运行位置。运

行位置应当被理解为攻角使得推力被赋予到主叶片区段上从而导致绕着风力涡轮机主轴线的驱动转矩的变桨距位置。

[0069] 当主叶片区段 102 处在图 9 中虚线所示的变桨距位置以及辅助叶片区段 106 保持在如图 9 中所示定向时,主叶片区段相对于迎面风 300 形成了大约 90 度的第一攻角,以及辅助叶片区段 106 在所示示例中形成大约 10 度的攻角。

[0070] 图 8 以及图 9 中的虚线所示的 90 度变桨距位置是空载位置,在该位置由箭头 300 所示的迎面风没有在主叶片区段上提供任何推力。由此,这种配置下风力涡轮机基本上没有产生任何动力。可以理解的是,当主叶片区段处于图 9 中虚线所示的位置时,后缘襟翼 106 处于主叶片区段 102 的背风处。由此,后缘襟翼 106 仅仅提供了最小程度的推力以及由此提供了绕主轴线的较低甚至可以忽略的驱动转矩。

[0071] 当主叶片区段 102 处于图 9 中虚线所示的空载位置时,风向的突然极端改变(例如如图 9 中箭头 302 所示的方向改变)将会导致主叶片区段 102 上的空气动力学推力以及由此绕着与主轴线垂直的轴线会产生不期望的、但是却不可避免的转矩负载。然而,在这种情况下,后缘襟翼将会在这种环境中不提供任何推力。这样,绕着该垂直轴线的总转矩与假定后缘襟翼 106 已经与主叶片区段 102 一起变桨距相比会较低。

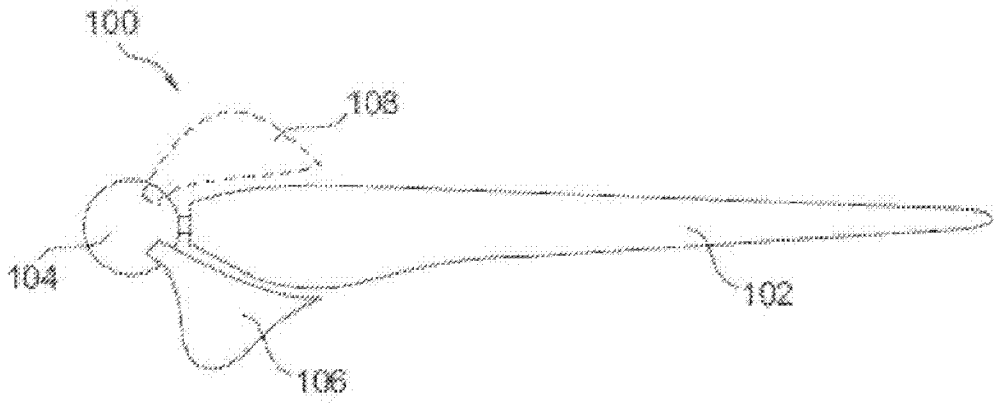


图 1

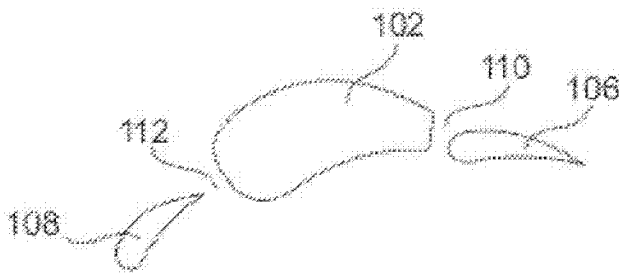


图 2

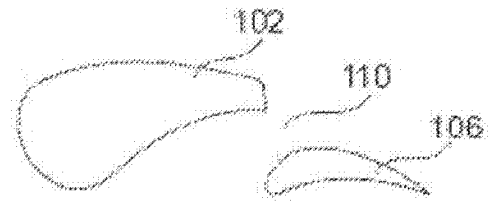


图 3

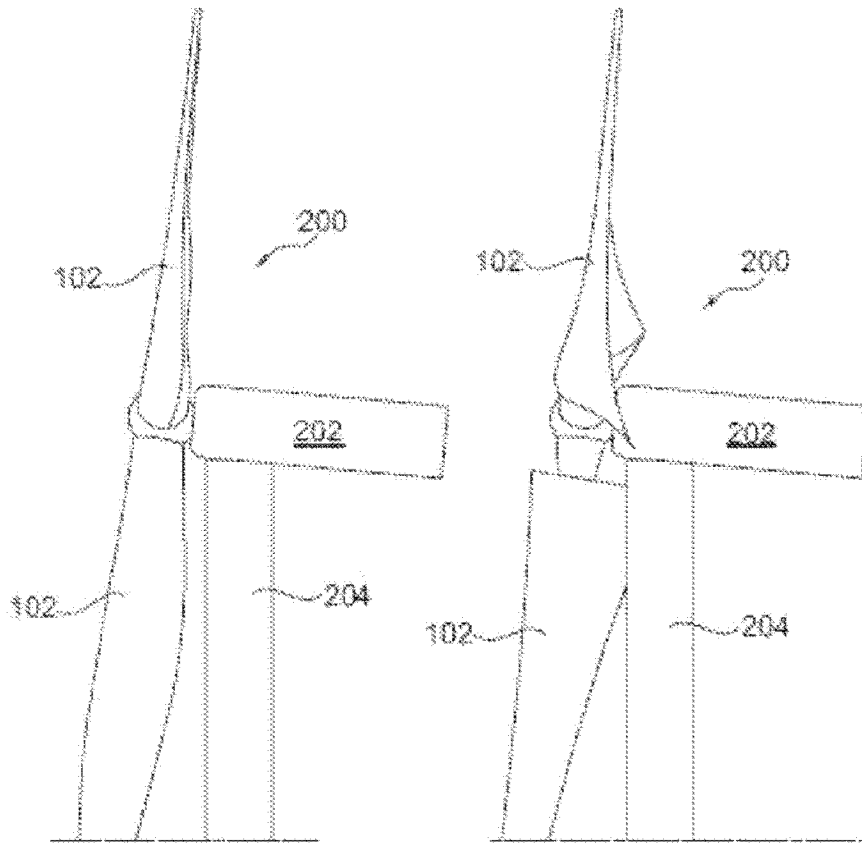


图4

图5

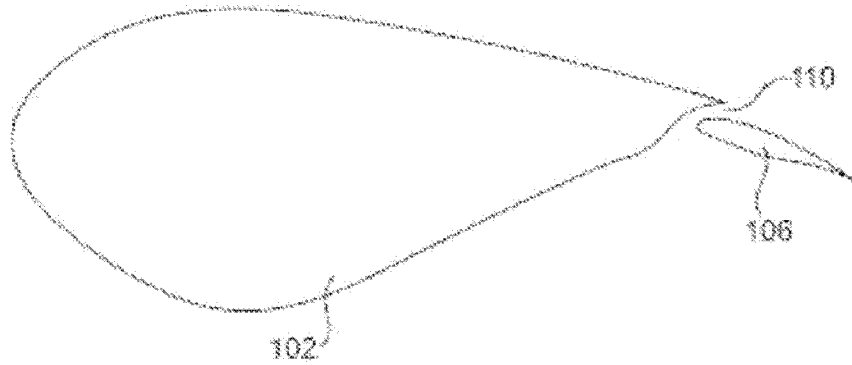


图7

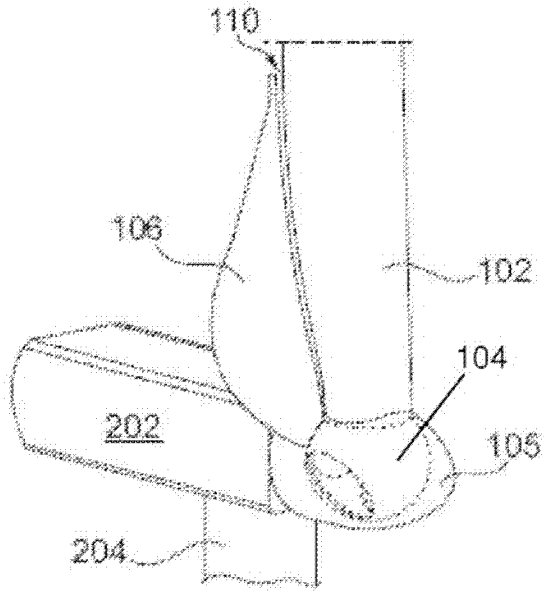


图 6a

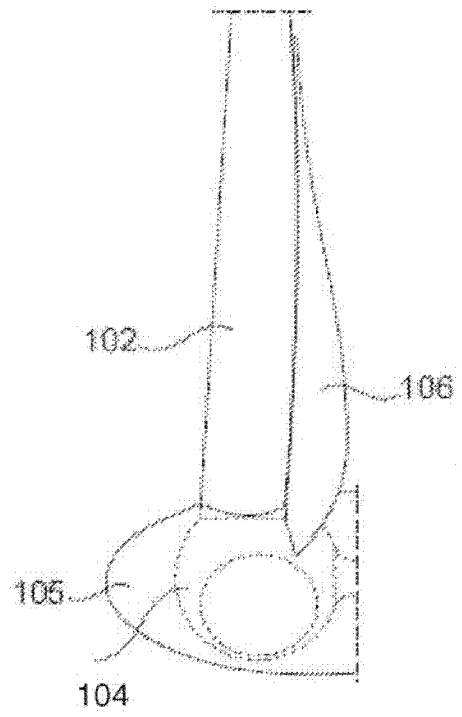


图 6b

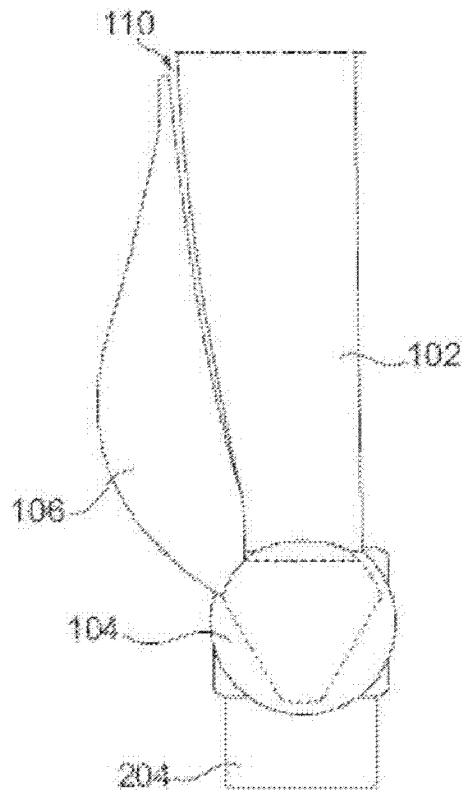


图 6c

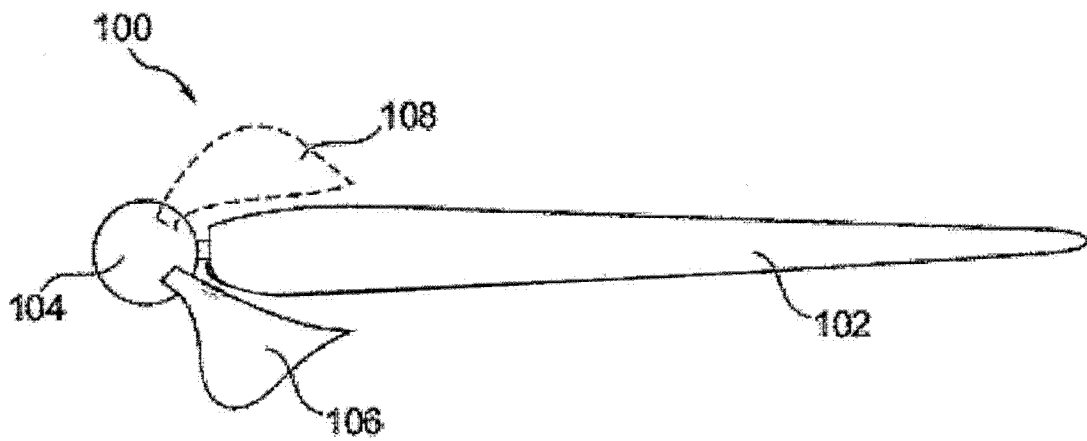


图 8

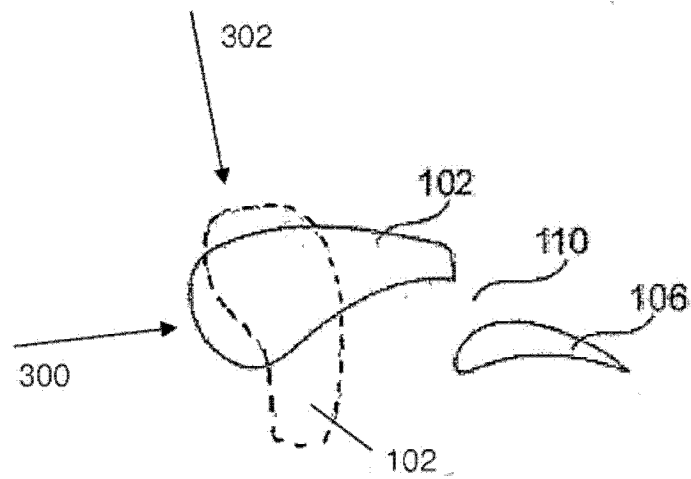


图 9