



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104405592 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201410551190. 6

(22) 申请日 2014. 10. 16

(71) 申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛城  
西路 8 号

(72) 发明人 许波峰 袁越 赵振宙

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限  
公司 32200

代理人 葛潇敏

(51) Int. Cl.

F03D 11/00(2006. 01)

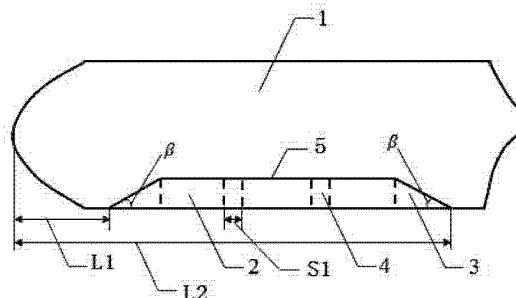
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种大型风力机智能叶片

(57) 摘要

本发明公开了一种大型风力机智能叶片，包含叶片主体以及与叶片主体截断尾缘连接的尾缘襟翼，所述尾缘襟翼包含  $n$  个分偏转舵面、2 个两端连接过渡段以及  $n-1$  个中间连接过渡段，其中， $1 \leq n \leq 3$ ，所述两端连接过渡段和中间连接过渡段均为柔性材料制成；相邻分偏转舵面之间经中间连接过渡段连接，从而串联为 1 个总偏转舵面，总偏转舵面的两端分别经两端连接过渡段与叶片主体连接。本发明叶片的尾缘襟翼两端与叶片主体平滑过渡，叶片尾缘连续，从而改善了尾缘流动品质，提高了叶片绕流流动稳定性，并通过对尾缘襟翼的偏转控制，实现叶片局部气动载荷控制和整体载荷最优控制。



1. 一种大型风力机智能叶片，包含叶片主体，其特征在于：还包含与叶片主体截断尾缘连接的尾缘襟翼，所述尾缘襟翼包含  $n$  个分偏转舵面、2 个两端连接过渡段以及  $n-1$  个中间连接过渡段，其中， $1 \leq n \leq 3$ ，所述两端连接过渡段和中间连接过度段均为柔性材料制成；相邻分偏转舵面之间经中间连接过渡段连接，从而串联为 1 个总偏转舵面，总偏转舵面的两端分别经两端连接过渡段与叶片主体连接。

2. 根据权利要求 1 所述一种大型风力机智能叶片，其特征在于：所述尾缘襟翼的顶端至叶片主体尖部的距离为叶片主体长度的 10%，尾缘襟翼的末端至叶片主体尖部的距离为叶片主体长度的 20%~30%。

3. 根据权利要求 1 所述一种大型风力机智能叶片，其特征在于：所述两端连接过渡段在未形变时呈三角形，该三角形与叶片主体连接的一边与其作为整个叶片尾缘的一边的夹角为  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。

4. 根据权利要求 1 所述一种大型风力机智能叶片，其特征在于：所述分偏转舵面为梯形机翼，其弦长占当地叶片弦长的 10%，其剖面翼型为对称翼型，其绝对厚度与叶片主体截断尾缘处的厚度相同。

5. 根据权利要求 1 所述一种大型风力机智能叶片，其特征在于：所述中间连接过渡段在未形变时呈矩形，其长度为分偏转舵面长度的 1/5。

## 一种大型风力机智能叶片

### 技术领域

[0001] 本发明属于风力发电技术领域,特别涉及了一种大型风力机智能叶片。

### 背景技术

[0002] 随着风轮尺寸增大,由于大气边界层的风剪切,大型风力机叶片流场特性沿展向分布不均匀性增强,旋转时叶片(尤其是叶片尖部)入流变化会更严重,再加上复杂的多尺度湍流,所以叶片气动载荷无论在空间场还是在时间场,其非定常特性更加显著,疲劳载荷增加,甚至会引起颤振。现有的先进变桨控制技术逐渐表现出以下不足:整个叶片同步调节不能有效控制局部载荷波动,独立变桨惯性大,不经济,易导致变桨装置过渡使用等。因此,具有质轻、惯性小、反应快且能够实现局部控制等优点的“智能叶片”概念被提出。智能叶片可以理解为:基于在叶片局部附加或埋入可以控制叶片流场的作动装置,并按一定的控制律驱动作动装置动作,从而改变风力机系统响应的技术。

[0003] 现有的尾缘襟翼智能叶片中,尾缘襟翼两端与叶片主体之间存在较大间隙,尾缘襟翼的各分偏转舵面之间存在较大间隙,产生较强的拖体涡对叶片流场的诱导作用不可忽视,流动稳定性问题需要通过控制策略来弥补。

### 发明内容

[0004] 为了解决背景技术存在的问题,本发明旨在提供一种大型风力机智能叶片,该叶片的尾缘襟翼两端与叶片主体平滑过渡,叶片尾缘连续,从而改善了尾缘流动品质,提高了叶片绕流流动稳定性,并通过尾缘襟翼的偏转控制,实现叶片局部气动载荷控制和整体载荷最优控制。

[0005] 为了实现上述技术目的,本发明的技术方案为:

[0006] 一种大型风力机智能叶片,包含叶片主体,还包含与叶片主体截断尾缘连接的尾缘襟翼,所述尾缘襟翼包含n个分偏转舵面、2个两端连接过渡段以及n-1个中间连接过渡段,其中,1≤n≤3,所述两端连接过渡段和中间连接过渡段均为柔性材料制成;相邻分偏转舵面之间经中间连接过渡段连接,从而串联为1个总偏转舵面,总偏转舵面的两端分别经两端连接过渡段与叶片主体连接。

[0007] 其中,上述尾缘襟翼的顶端至叶片主体尖部的距离为叶片主体长度的10%,尾缘襟翼的末端至叶片主体尖部的距离为叶片主体长度的20%~30%。

[0008] 其中,上述两端连接过渡段在未形变时呈三角形,该三角形与叶片主体连接的一边与其作为整个叶片尾缘的一边的夹角为30°~45°。

[0009] 其中,上述分偏转舵面为梯形机翼,其弦长占当地叶片弦长的10%,其剖面翼型为对称翼型,其绝对厚度与叶片主体截断尾缘处的厚度相同。

[0010] 其中,上述中间连接过渡段在未形变时呈矩形,其长度为分偏转舵面长度的1/5。

[0011] 采用上述技术方案带来的有益效果:

[0012] 本发明采用柔性材料制成的两端连接过渡段,使得在尾缘襟翼偏转时尾缘襟翼两

端与叶片主体间没有间隙，采用柔性材料制成的中间连接过渡段，使得在分偏转舵面偏转不同角度时之间没有间隙，结构上的平滑过渡使得流体流过过渡段不会拖出较强的拖体涡来影响流场，流动稳定性增强，解决了风力机超大型化后带来的叶片极限和疲劳载荷问题，延长了叶片使用寿命，提高了风力机发电量，为整机厂商及风电场带来可观的经济效益，同时能够降低发电成本。

## 附图说明

- [0013] 图 1 为本发明实施例 1 的结构示意图。
- [0014] 图 2 为本发明实施例 1 尾缘襟翼动作示意图。
- [0015] 图 3 为本发明实施例 2 的结构示意图。
- [0016] 图 4 为本发明实施例 2 尾缘襟翼动作示意图。
- [0017] 标号说明：1、叶片主体；2、分偏转舵面；3、两端连接过渡段；4、中间连接过渡段；5、叶片主体截断尾缘；L1、尾缘襟翼的顶端至叶片主体尖部的距离；L2、尾缘襟翼的末端至叶片主体尖部的距离；S1、中间连接过渡段的长度。

## 具体实施方式

- [0018] 以下将结合附图，对本发明的技术方案进行详细说明。
- [0019] 实施例 1：
  - [0020] 如图 1 所示本发明实施例 1 的结构示意图，一种大型风力机智能叶片，包含叶片主体 1 以及与叶片主体截断尾缘 5 连接的尾缘襟翼，所述尾缘襟翼包含 3 个分偏转舵面 2、2 个两端连接过渡段 3 以及 2 个中间连接过渡段 4。所述两端连接过渡段 3 和中间连接过渡段 4 均为柔性材料制成；相邻分偏转舵面 2 之间经中间连接过渡段 4 连接，从而串联为 1 个总偏转舵面，总偏转舵面的两端分别经两端连接过渡段 3 与叶片主体 1 连接。
  - [0021] 在实施例 1 中，尾缘襟翼的顶端至叶片主体尖部的距离 L1 为叶片主体长度的 10%，尾缘襟翼的末端至叶片主体尖部的距离 L2 为叶片主体长度的 30%。分偏转舵面 2 为梯形机翼，其弦长占当地叶片弦长的 10%，其剖面翼型为对称翼型，其绝对厚度与叶片主体截断尾缘 5 处的厚度相同。在本领域中，弦长的定义：在翼型轮廓线上的诸多点中，有一点与翼型的后缘的距离最大，该点称为翼型的前缘，连接前缘和后缘的直线段称为翼型的弦线，其长度称为弦长。当地叶片弦长的定义：整个叶片径向位置处的叶片剖面翼型的弦长。对称翼型的定义：翼型上下弧线对称的翼型。绝对厚度的定义：垂直于翼型弦线的翼型上下表面之间的直线段长度是翼型的厚度，翼型的最大厚度称为该翼型的绝对厚度。两端连接过渡段 3 在未形变时呈三角形，该三角形与叶片主体连接的一边与其作为整个叶片尾缘的一边的夹角  $\beta$  为  $30^\circ$ 。中间连接过渡段 4 在未形变时呈矩形，其长度 S1 为分偏转舵面 2 长度的  $1/5$ 。
  - [0022] 如图 2 所示本发明实施例 1 尾缘襟翼动作示意图，3 段分偏转舵面 2 可以单独控制单独偏转来实现叶片局部气动载荷控制和整体载荷最优控制。两端连接过渡段 3 使得在尾缘襟翼偏转时尾缘襟翼两端与叶片主体间没有间隙，中间连接过渡段 4 使得在分偏转舵面偏转不同角度时之间没有间隙，结构上的平滑过渡使得流体流过过渡段不会拖出较强的拖体涡来影响流场，流动稳定性增强。

[0023] 实施例 2：

[0024] 如图 3 所示本发明实施例 2 的结构示意图，一种大型风力机智能叶片，包含叶片主体 1 以及与叶片主体截断尾缘 5 连接的尾缘襟翼，所述尾缘襟翼包含 1 个分偏转舵面 2 和 2 个两端连接过渡段 3。所述两端连接过渡段 3 为柔性材料制成；分偏转舵面 2 的两端分别经两端连接过渡段 3 与叶片主体 1 连接。

[0025] 在实施例 2 中，尾缘襟翼的顶端至叶片主体尖部的距离 L1 为叶片主体长度的 10%，尾缘襟翼的末端至叶片主体尖部的距离 L2 为叶片主体长度的 20%。分偏转舵面 2 为梯形机翼，其弦长占当地叶片弦长的 10%，其剖面翼型为对称翼型，其绝对厚度与叶片主体截断尾缘 5 处的厚度相同。两端连接过渡段 3 在未形变时呈三角形，该三角形与叶片主体连接的一边与其作为整个叶片尾缘的一边的夹角  $\beta$  为  $30^\circ$ 。中间连接过渡段 4 在未形变时呈矩形，其长度 S1 为分偏转舵面 2 长度的  $1/5$ 。如图 4 所示本发明实施例 2 尾缘襟翼动作示意图，通过控制分偏转舵面 2 偏转来实现叶片局部气动载荷控制和整体载荷最优控制。两端连接过渡段 3 使得在尾缘襟翼偏转时尾缘襟翼两端与叶片主体间没有间隙，结构上的平滑过渡使得流体流过过渡段不会拖出较强的拖体涡来影响流场，流动稳定性增强。

[0026] 超大尺寸的风力机叶片旋转时，由于大气边界层的风剪切，叶片流场特性沿展向分布不均匀性增强，叶片靠近尖部的入流特性随时间变化幅度也增大，使得叶片极限与疲劳载荷严重增加。采用尾缘襟翼的风力机叶片，可以快速、灵敏、经济地调节叶片局部载荷，使载荷沿空间和时间的变化变得平缓。采用柔性材料制成的两端连接过渡段和中间连接过渡段，使得近尾迹区过渡段下游涡量极值比无过渡段时大为降低，有效减弱下游拖体涡的诱导作用。

[0027] 将偏转舵面分段，使局部载荷控制更合理高效，如果段数太多，控制效果不见得有大幅提高，却会带来结构和制作工艺上的困难，因此段数不必超过 3。此外，角  $\beta$  太小，会破坏更多的叶片主体结构，角  $\beta$  太大则气流平滑过渡效果降低，因此选择在  $30^\circ \sim 45^\circ$  之间。

[0028] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想，不能以此限定本发明的保护范围，凡是按照本发明提出的技术思想，在技术方案基础上所做的任何改动，均落入本发明保护范围之内。

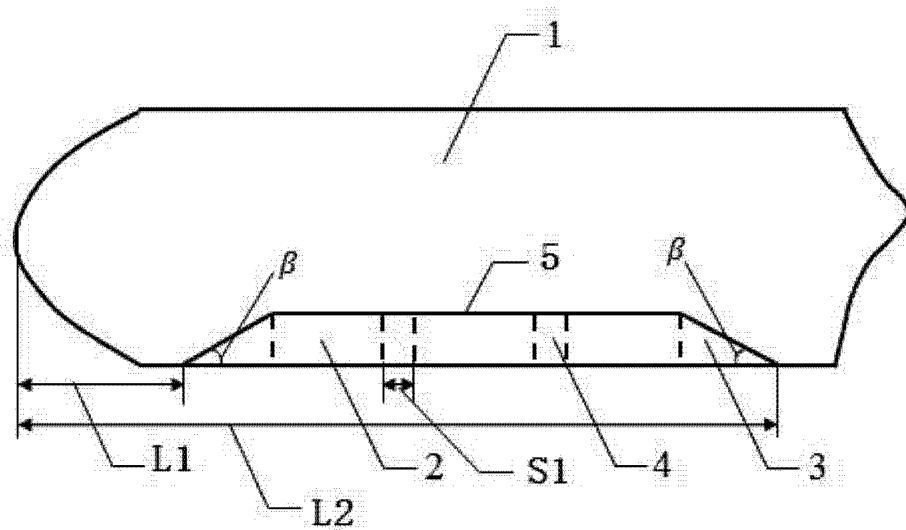


图 1

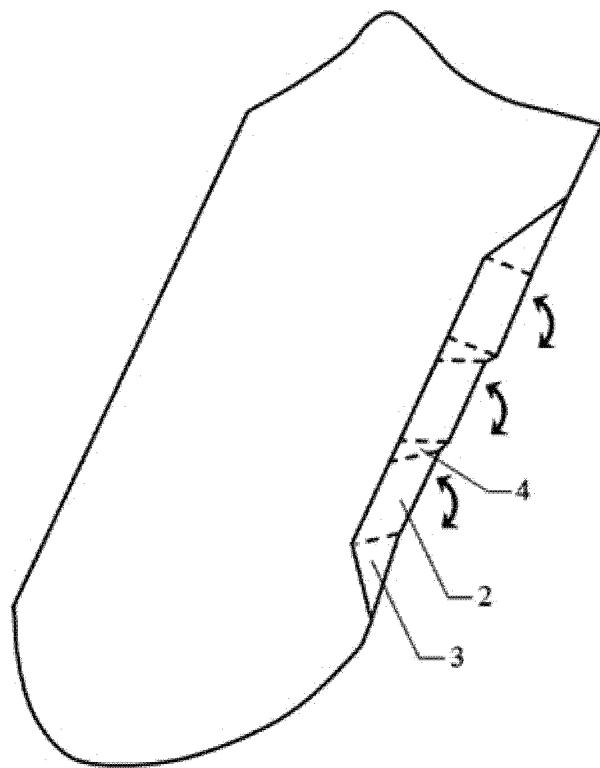


图 2

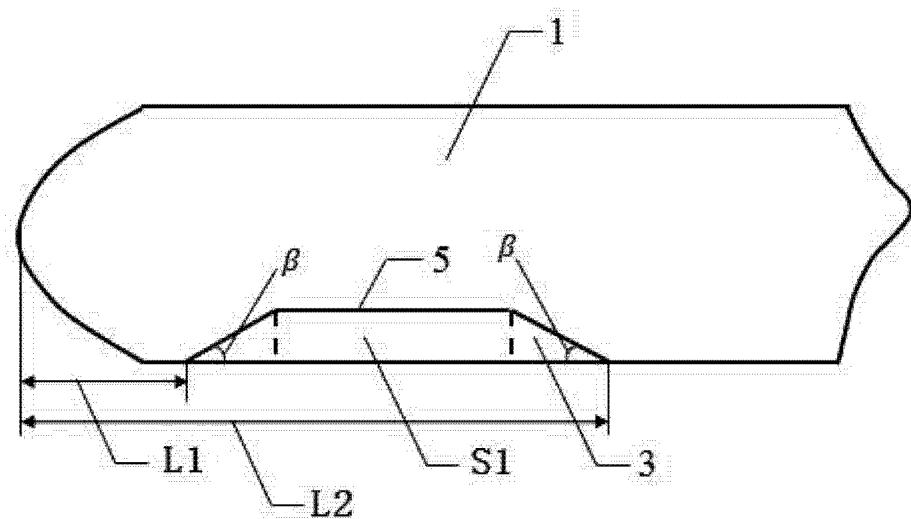


图 3

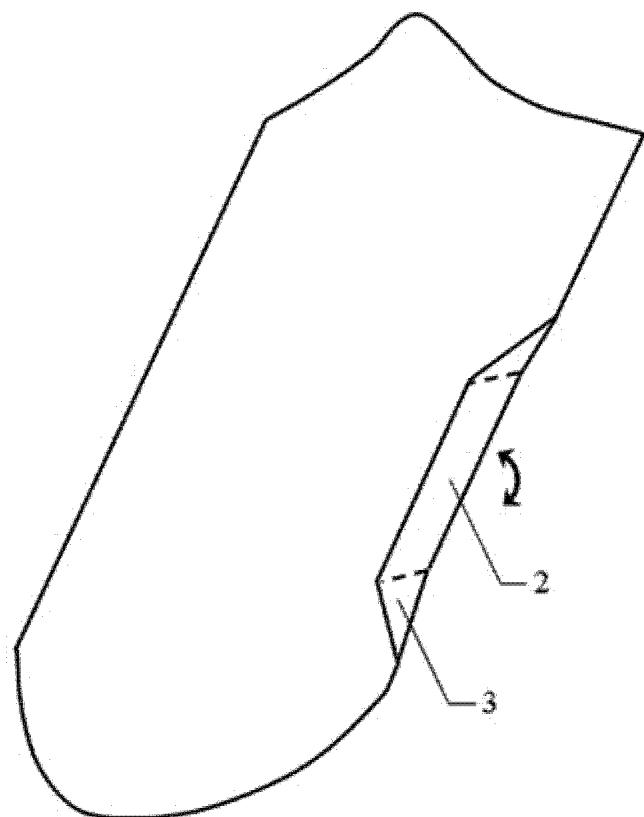


图 4