



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101344068 B

(45) 授权公告日 2013.09.18

(21) 申请号 200810133930.9

审查员 陶洪敏

(22) 申请日 2008.07.11

(30) 优先权数据

11/827,532 2007.07.12 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 N·帕撒尼亞 K·斯坦迪什

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 曾祥凌 刘华联

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1745245 A, 2006.03.08,

CN 1745245 A, 2006.03.08,

CN 1936322 A, 2007.03.28,

US 6729846 B1, 2004.05.04,

DE 2619318 A1, 1977.04.14,

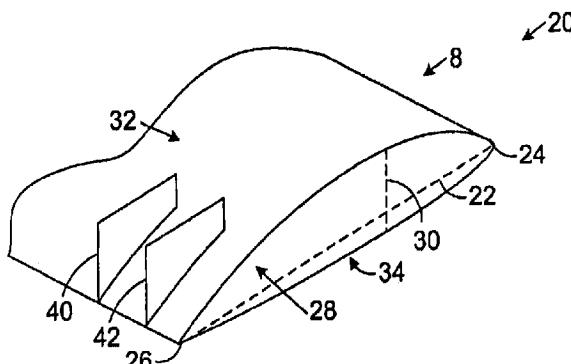
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

风力涡轮机叶片末梢防涡器

(57) 摘要

本发明涉及风力涡轮机叶片末梢防涡器，具体而言，风力涡轮机(1)包括支撑具有转子(6)的传动系统(4)的塔架(2)，从转子(6)开始径向地延伸的至少一个叶片(8)；以及从叶片的吸入面(32)大体上垂直并沿叶片(8)的末梢附近的不同翼弦线(22)延伸的多个副翼(40, 42)。



1. 一种风力涡轮机,包括:

支撑具有转子的传动系统的塔架;

从所述转子开始径向地延伸的至少一个叶片;以及

从所述叶片的吸入面大体上垂直并沿所述叶片的末梢附近的不同翼弦线延伸的多个大体上平坦的副翼,用于捕获并引导末梢涡旋;

其中各所述副翼的后缘高于对应的副翼的前缘,且

其中各所述副翼的长度为该对应的副翼沿其延伸的对应的翼弦线的长度的0.2倍至0.6倍之间。

2. 根据权利要求1所述的风力涡轮机,其特征在于,所述不同翼弦线中的一条内侧翼弦线位于离所述叶片的末梢小于所述内侧翼弦线长度的两倍处。

3. 根据权利要求2所述的风力涡轮机,其特征在于,所述不同翼弦线隔开小于在所述不同翼弦线中的一条翼弦线处的所述叶片的最大厚度的两倍。

4. 一种用于风力涡轮机叶片的降噪系统,包括:

用于捕获并引导末梢涡旋的多个大致平坦的副翼;

各副翼从基部大体上垂直地延伸,以紧固到所述叶片的吸入面上,且各副翼的边缘沿所述叶片的末梢附近不同翼弦线延伸;

其中各所述副翼的后缘高于对应的副翼的前缘,且

其中各所述副翼的长度为该对应的副翼沿其延伸的对应的翼弦线的长度的0.2倍至0.6倍之间。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述不同翼弦线中的一条内侧翼弦线位于离所述叶片的末梢小于所述内侧翼弦线长度的两倍处。

6. 根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述不同翼弦线隔开小于在所述不同翼弦线中的一条翼弦线处的所述叶片的最大厚度的两倍。

风力涡轮机叶片末梢防涡器

技术领域

[0001] 此处描述的主题通常涉及具有特殊叶片结构的流体反应表面，并且更具体地，涉及在叶片末梢附近具有防涡器 (vortex breaker) 的风力涡轮机。

背景技术

[0002] 风力涡轮机是用来将风的动能转化为机械能的机器。如果该机械能由机械直接使用来抽水或磨麦子，那么该风力涡轮机可称为风车。类似地，如果机械能被转化为电力，那么该机器也可称为风力发电机或风力发电站。

[0003] 风力涡轮机使用叶片形式的翼型件 (airfoil) 来产生升力并从移动的空气捕获动力，该动力随后作用到转子上。叶片典型地在转子的根部端固定到转子上，并径向地向自由末梢端延伸。叶片的前面或前缘连接首先接触空气的叶片的最前点。在叶片的后面或后缘处，被前缘分开的气流经过叶片的吸入面和压力面之后重新合到一起。翼弦线沿典型的气流越过叶片的方向连接叶片的前缘和后缘。翼弦线的长度简单地简称为翼弦。

[0004] 叶片的外侧端被称作末梢，并且从末梢到为叶片的相反端的根部的距离被称作翼展 (span)。由于很多叶片在从根部到末梢的翼展上改变了它们的翼弦，所以在根部附近的翼弦长度称为根部翼弦且在叶片末梢附近的翼弦长度称为末梢翼弦。当垂直于流动方向观察时所得到的叶片的形状称作翼平面形状 (planform)。由于叶片的厚度典型地跨越翼平面形状而改变，所以用语“厚度”典型地被用于描述低压吸入面和位于叶片相反一侧的高压面之间的最大距离。与其它翼型件一样，风力涡轮机叶片有时具有平的（一般为薄的）附到一个边缘上并被称为副翼的板。

[0005] 风力涡轮机典型地根据涡轮机相对其旋转的垂直和水平的轴线分类。水平的构造在现代风力涡轮机机器和在图 1 中示意地示出的一个所谓水平轴线风力发电机中最为常见，该图复制于序号为 No. 7144216 的美国专利。风力涡轮机 1 的此特殊构造包括塔架 2，该塔架 2 支撑具有转子 6 的传动系统 4，该转子 6 由称为短舱 (nacelle) 的保护性外壳覆盖。叶片 8 布置在短舱外的转子 6 的一端来驱动变速箱 10 和短舱内传动系统 4 的另一端的发电机 12。

[0006] 图 1 中所示的转子 6 面向风的“逆风”构造通过消除可否则导致冲击的砰然声的塔架 2 的背风区而有助于减小噪音。通过提供更安静的变速箱、隔音短舱和流线型的短舱和塔架也已经解决了其他形态的风力涡轮机噪音。还探索过将更少的风能转化为气动噪音的更高效的叶片设计。

[0007] 例如，序号为 No. 20060216153 的美国专利公开公开了具有末梢的用于风力发电站的转子叶片，该叶片沿叶片的压力侧方向在其端部区域为弯曲的或有角度的。为了进一步减小声发射的级别，叶片在其边缘区域中沿转子叶片平面中的转子叶片后缘方向是弯曲的或有角度的。序号为 No. 2006059472 的世界知识产权组织公开的英文摘要也公开了一种推进器，其中水平轴线风车的推进器叶片末梢部分沿推进器叶片的向前方向倾斜。然而，叶片末梢构造的这些方法和其它传统方法因为它们实际上会增加相应地减小涡轮机效率的

叶片阻力,而不足以解决气动效率和翼末梢噪音的问题。

发明内容

[0008] 与此类传统方法相关的这些和其它缺点在此处通过在各个实施例中提供包括多个大体上平的副翼的风力涡轮机而解决,该副翼从叶片的吸入面开始沿叶片末梢附近的不同翼弦线延伸。此处公开的主题也涉及风力涡轮机,该风力涡轮机包括支撑传动系统的塔架,传动系统具有转子、从转子开始径向延伸的至少一个叶片、以及从叶片的吸入面开始大体上垂直并沿叶片末梢附近的不同翼弦线延伸的多个大体上平的副翼。还提供了用于风力涡轮机叶片的噪音减小系统,该噪音减小系统包括用于破坏翼的末梢附近的涡旋的多个大体上平的副翼,其中各副翼从基部开始大体上垂直延伸以固定到叶片的吸入面上,且各副翼的一边沿叶片末梢附近的不同翼弦线延伸。

附图说明

[0009] 现在将参考下列附图描述本技术的各个方面,附图不一定按比例绘制,但是在几个视图的每一个视图中都使用相同的标号来标示相同部分。

[0010] 图 1 为传统风力涡轮机的示意图。

[0011] 图 2 为风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的正视图。

[0012] 图 3 为图 2 所示的风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的端视图。

[0013] 图 4 为另一个风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的正视图。

[0014] 图 5 为图 4 所示的风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的端视图。

[0015] 图 6-12 为其它风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的端视图。

[0016] 图 13 为针对具有或不具有图 2 所示的防涡器系统的风力涡轮机叶片末梢防涡器系统的计算所得声压级别对频率的对数的比较曲线图。

[0017] 图 14 为针对图 2 所示的风力涡轮机叶片防涡系统的计算所得位于涡旋中心的相对最小压力对相对翼弦位置的比较曲线图。

[0018] 图 15 为与图 2 的风力涡轮机叶片末梢防涡器系统一起使用的单个副翼的放大正视图。

[0019] 图 16 为一对副翼的放大正视图。

[0020] 部件清单

[0021]

1	风力涡轮机
2	塔架
4	传动系统
6	转子
8	叶片

10	变速箱
12	发电机
20	风力涡轮机叶片防涡系统
22	翼弦线
24	前缘
26	后缘
28	末梢
30	最大叶片厚度
32	吸入面
34	高压面
40	内侧副翼
42	外侧副翼
44	副翼上缘
50	曲线（有副翼）
60	曲线（没有副翼）
70	基部构件
72	固定孔
80	臂

具体实施方式

[0022] 图 2 为风力涡轮机叶片末梢部分的放大正视图, 其包括末梢防涡器系统 20 的一个示例。图 3 为图 2 所示的风力涡轮机叶片防涡器系统 20 的端视图。在图 2 和 3 中, 末梢防涡器系统 20 显示为与图 1 所示的叶片 8 相连接。然而, 也可使用任何其它的风力涡轮机叶片。例如, 防涡器系统 20 可与具有除此处附图所示以外的其它翼平面形状、弯度、厚度、展弦比和 / 或末梢几何形状的叶片一起使用。

[0023] 在图 2 和 3 中, 虚线表示从涡轮机叶片 8 的前缘 24 延伸到后缘 26 的末梢翼弦线 22。尽管这些图中所示的此翼弦线 22 或翼弦的长度对于叶片 8 的翼展从根部 (未示出) 到末梢 28 是不变的, 但是翼弦沿叶片的翼展可以改变。此处所示叶片 8 在末梢翼弦线 22 上

的最大厚度 30 由另一条从上部低压面或吸入面 32 向下部高压面 34 延伸的虚线示出。该最大厚度 30 也可沿叶片 8 的翼展改变。

[0024] 叶片 8 具有从叶片末梢附近的吸入面 32 延伸的两个或多个副翼 40 和 42。然而，可在所示的副翼 40 和 42 的内侧和 / 或外侧提供任意数量的附加副翼。副翼 40 和 42 相互隔开一定距离使得空气能够在副翼之间流动。例如，副翼 40 和 42 之间的间距可为叶片 8 的最大厚度 30 的两倍，或在最大厚度 30 的 1 倍至 2 倍之间。在接近末梢的任意翼弦线处的最大厚度可与末梢翼弦线处和 / 或仍大体上垂直叶片的前缘和后缘的最远翼弦线处的最大厚度近似。

[0025] 副翼 40 和 42 布置在叶片 8 的末梢 28 上或其附近，使得在正常运行过程中，预期从高压面 34 附近的高压区流出并围绕末梢 28 向吸入面 32 附近的低压区移动的一些或全部涡旋都会在副翼 40 和 42（和 / 或其它副翼，未示出）之间的间隔被捕获。捕获的涡旋然后将在副翼之间的后缘 26 上被弄平 (flush) 以便最小化气动噪音。由于此涡旋典型地在末梢 34 的后缘 26 附近最为剧烈，所以副翼 40 和 42 的后缘可布置在叶片 8 的后缘上或其附近。然而由于有噪音的涡旋也可在叶片 8 的后缘 26 的前面和 / 或后面出现，副翼 40 和 42 的一个或多个可如以下关于图 4、5、11 和 12 的讨论在后缘 26 的前面或后面被移动。可选择副翼 40 和 42 的数量以便捕获副翼间的大部分或全部涡旋，典型地预期包括大约 2 至 10 个副翼，或更具体地，2 至 5 个副翼。

[0026] 每个内侧副翼 40 和外侧副翼 42 在此处示出为沿着一个边缘固定到叶片 8 上，而那些固定边缘的每一个边缘在横跨叶片 8 的流动方向上与不同的翼弦线对齐。然而，副翼 40 和 42 的一个或两个可相对于叶片 8 的吸入面 32 或其它部分可移动地定位。例如，副翼 40 和 42 的一个或两个可收回到底叶片 8 中，铰接在它们的连接边缘上并 / 或在轴线上旋转，该轴线与吸入面 32 垂直，以便更好地将副翼与横过叶片的气流对齐，从而最小化阻力。此类可移动副翼的定位也可基于诸如风速的各种环境条件和 / 或诸如转子速度的运行设定点而自动控制。

[0027] 此处所示的实施例也显示了从吸入面 32 开始大体上垂直延伸并大体上相互平行的副翼 40 和 42。然而，副翼的一个或两个可倾斜、弯曲或否则指向叶片 8 的内侧和 / 或外侧方向。例如，内侧副翼 40 可弯曲来一般地对应预期的涡旋半径，同时外侧副翼 42 向末梢 34 倾斜来提供在其中容纳涡旋的叶片间的更宽的上开口。

[0028] 在图 2 和 3 中，副翼 40 和 42 的大小、形状和沿相对于叶片 8 的后缘 26 的不同翼弦线的位置大体上相同。通常对应于横跨叶片 8 的流动方向沿翼弦线布置副翼 40 和 42，使副翼 40 和 42 的外观横截面及叶片 8 上的相应阻力最小化。副翼 40 也大体上是平的且尽可能薄从而在仍维持它们的结构刚性的同时进一步最小化阻力。在一些情况下，旋转或加厚副翼 40 和 42 从而无意或有意地增加它们对横跨叶片 8 的流的外观横截面，但可导致可接受的阻力水平。

[0029] 图 2 和 3 中所示的副翼 40 和 42 的前缘比叶片的后缘短，从而进一步最小化前缘横截面的大小并因此减小阻力。例如，副翼 40 和 42 的前缘的高度可达到叶片 8 的最大厚度 30，或更具体地，在副翼的对应翼弦线或叶片 8 的末梢翼弦上，副翼 40 和 42 的前缘的高度在最大厚度的 0.5 至 1 倍之间。副翼 40 和 42 的后缘的高度可达到叶片 8 的最大厚度的 4 倍，或更具体地，在副翼的对应翼弦线、叶片的最大全部厚度上的翼弦线、或叶片 8 的末梢

翼弦上,副翼 40 和 42 的后缘的高度在最大厚度 30 的 2 至 4 倍之间。然而,也可使用其它前缘和后缘的大小和形状。例如,在叶片 8 具有从根部到末梢的 50 米翼展长度的情况下,副翼 40 和 42 可达到大约 0.1 米高或翼展长度的大约 0.2%。对于更短的叶片 8,副翼 40 和 42 的副翼高度范围可达到翼展长度的 0.5%,而对于不同叶片大小,副翼的高度范围为翼展长度的大约 0.2% 到 0.5%。

[0030] 在图 2 和 3 中,沿相应翼弦线的副翼 40 和 / 或 42 的长度可为副翼在其上对齐的翼弦线的长度的 0.1 倍至 0.7 倍之间,或更具体地,为在其上对齐的翼弦线的长度的 0.2 倍至 0.6 倍之间。然而,也可使用其它副翼长度。副翼在其上对齐的翼弦长度可近似为叶片 8 的末梢翼弦长度。对于没有做成方形的叶片末梢(与此处所示的那些不同)和 / 或其它叶片构造,末梢翼弦可近似为仍大体上垂直于叶片的前缘和后缘的最远处翼弦线的长度。

[0031] 关于副翼 40 和 / 或 42 的翼弦位置,副翼可延伸至超过后缘的相应翼弦长度的 0.2 倍,或更具体地,达到超过后缘的相应翼弦长度的 0.1 倍。副翼可从前缘下游相应翼弦长度的至少 0.15 倍开始,或更具体地,达到前缘下游相应翼弦长度的 0.3 倍。然而,也可使用其它翼弦位置。副翼在其上对齐的翼弦的长度可近似为叶片 8 的末梢翼弦长度。对于没有做成方形的叶片末梢(与此处所示的那些不同)和 / 或其它叶片构造,末梢翼弦可近似为仍大体上垂直于叶片的前缘和后缘的最远处翼弦线的长度。

[0032] 关于副翼 40 和 / 或 42 的翼展位置,副翼可位于末梢内侧副翼在其上对齐的相应翼弦长度的 4 倍长度以内,或更具体地,末梢内侧相应翼弦长度的 2 倍长度以内。然而,也可使用其它翼展位置。副翼在其上对齐的翼弦的长度可近似为叶片 8 的末梢翼弦长度。对于没有做成方形的叶片末梢(与此处所示的那些不同)和 / 或其它叶片构造,末梢翼弦可近似为仍大体上垂直于叶片的前缘和后缘的最远处翼弦线的长度。

[0033] 关于形状,图 2 和 3 中的副翼 40 和 42 的上缘 44 大体上平行于翼弦线 22。然而,也可使用包括以下更详细讨论的形状的其它副翼形状。例如,图 4 和 5 示出了风力涡轮机叶片防涡系统 20 的另一个实施例,其中内侧副翼 40 和外侧副翼 42 具有不同大小、形状和沿它们相应翼弦线的位置。在图 4 和 5 中,内侧副翼 40 高于外侧副翼 42,并从叶片 8 的后缘 26 被移动。另外,内侧副翼 40 的前缘基本上与沿副翼 40 的整个长度的吸入面 32 具有相同的高度。因此,内侧副翼 40 的上缘 44 的形状通常对应于后缘 26 附近的吸入面的斜度。然而,在其它实施例中,副翼 40 和 42 的一个或两个的前缘可高于相应副翼的后缘。

[0034] 图 6-12 示出了风力涡轮机防涡系统 20 的其它各个实施例,该风力涡轮机防涡系统 20 显示了副翼 40 和 / 或 42,为了简单在此处称为副翼 40。在图 6 中,副翼 40 具有大体上比副翼的后缘短的前缘,使得副翼的上缘 44 向吸入面 32 倾斜。图 7 示出了风力涡轮机防涡系统 20 的另一个实施例,其中副翼 40 的前缘被进一步减小,从而形成具有直的上缘 44 的三面副翼 40。在图 8 中,另一个三面副翼 40 具有凸的上缘 44,同时图 9 所示的三面副翼 40 具有凹的上缘 44。在图 10 中,副翼 40 的上缘 44 被大体上平行于吸入面 32 布置。在图 11 中,副翼 40 的后缘被布置在叶片 8 的后缘的后面,且后缘的底部被布置在叶片 8 的后缘的下面。在图 12 中,副翼 40 的后缘被布置在叶片 8 的后缘的前面。

[0035] 使用由 CFXpost 软件绘出的等高线图(此处未示出)来比较与图 2 和 3 所示相似的风力涡轮机防涡系统 20 的计算所得涡度和压力。对于没有副翼 40 和 42 的基本情况,涡旋中心的最高涡度和最低压力出现在叶片 8 的后缘附近。具有副翼 40 和 42 的风力涡轮机

防涡系统 20 的类似图明显地显示了具有副翼 40 和 42 的这些生成的涡旋的中心的更低的涡度和更高的压力。这种更高的压力通常对于减小流体旋转是所需的，而更低的涡度倾向于显示叶片 8 更低的噪音和改进的气动效率。

[0036] 图 13 和 14 示出了与图 2 和 3 所示相似的风力涡轮机叶片防涡系统 20 的另一个计算流体动力学模拟结果。在这些图中，曲线 50 表示叶片防涡系统 20（有副翼）而曲线 60 表示没有副翼 40 和 42 的叶片防涡系统 20。

[0037] 图 13 为计算声压级分贝对具有和不具有图 2 所示的防涡器系统的风力涡轮机末梢的频率对数的比较图。噪音计算使用由 Thomas F. Brooks 和 Michael A. Marcolini 在美国航空航天协会的卷 24，编号 2 中的“Airfoil Tip Vortex Formation Noise”中给出的相关关系。在此相关关系中，称作“浸湿长度”的参数在后缘后面的平面（翼弦的十分之一）上由湍流动能检测对 0.05 的等高线数值进行计算。浸湿长度然后与最大 MACH 数值一起使用来在末梢 SPL（末梢）对各种频率计算声压级。该图示出了对于大部分频率 6-8 分贝的噪音减小。

[0038] 3dB 的声压级差粗略地为相应功率级差的一半并因此通常用做声音测量的参考点。在实际情况中，从点声源发出的声音距离每增加一倍级别下降大约 6dB。所以，如果从离源 50 英尺开始并移动到离源 100 英尺处级别将有 6dB 的下降。类似地，如果从 500 英尺移动到 1000 英尺处级别将有 6dB 的下降。图 2 和 3 所示的风力涡轮机叶片防涡系统 20 因此预期提供至少类似的噪音级别减小。

[0039] 图 14 为在涡旋中心计算相关所得的以帕斯卡为单位的最小压力对具有和不具有图 2 所示防涡器系统的风力涡轮机叶片末梢的相对翼弦位置的图。图 14 中图的圆圈部分示出了对于在叶片 8 的后缘 26 附近和超过后缘的翼弦的 30% 处不具有副翼的基线构造大约 3500-4000 帕斯卡的压差。

[0040] 图 15 和 16 显示了与前面任意图中的风力叶片末梢防涡器系统 20 一起使用的副翼 40 和 / 或 42 的放大正视图。图 15 示出了单个的副翼构造，而图 16 为一对副翼的放大正视图。这些 T 型构造的每一个包括基部构件 70，其以包括粘合剂或固定件在内的适当机构固定到叶片 8 的吸入面 32 上。例如，基部构件 70 的每一个可具有固定孔 72 来容纳螺钉、销或将基部构件固定到叶片 8 上的其它固定件。基部构件也可弯曲为图 15 所示的吸入面 32 的一般形状。一个或多个臂构件 80 然后从基部构件 70 延伸来捕获并引导如上述讨论的涡旋。

[0041] 之前描述的实施例提议具有很多优点。例如，图 13 和 14 显示了图 2 和 3 所示的风力涡轮机叶片防涡系统 20 预期提供明显的改善的噪音减小。还预期包括图 4-12 和 15-16 所示的那些的风力涡轮机叶片防涡系统 20 的其它构造将提供至少一些级别的有益的噪音减小。

[0042] 应当强调的是，上述实施例和尤其任意“优选的”实施例仅仅是此处陈述来提供本技术各个方面的清晰理解的各种实施例的示例。本领域技术人员将能够改变很多这些实施例而大体上不脱离由所附权利要求书的适当构建所唯一限定的保护范围。

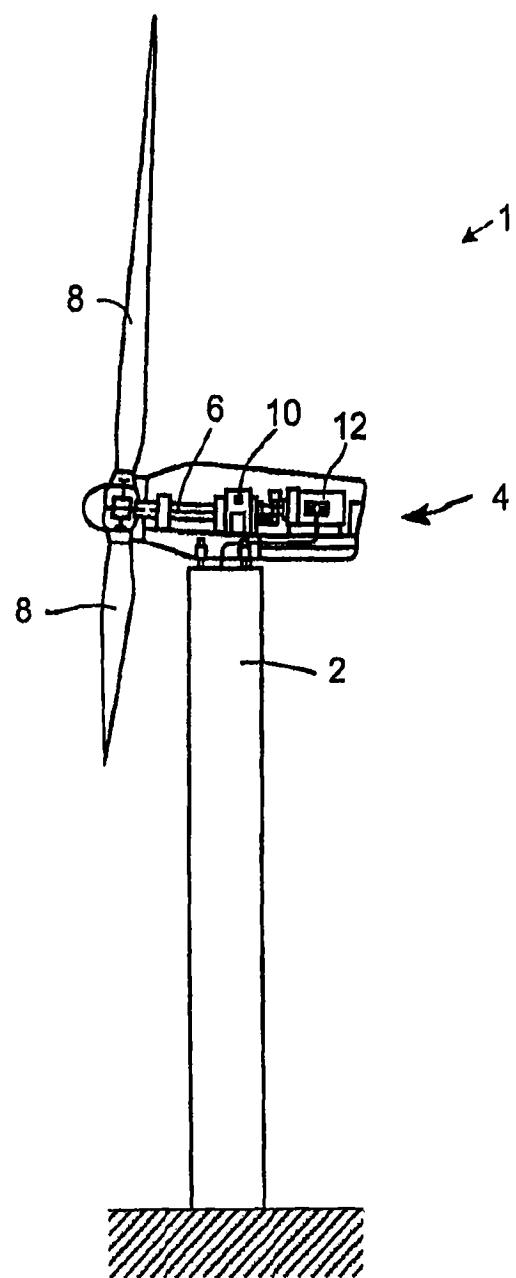


图 1

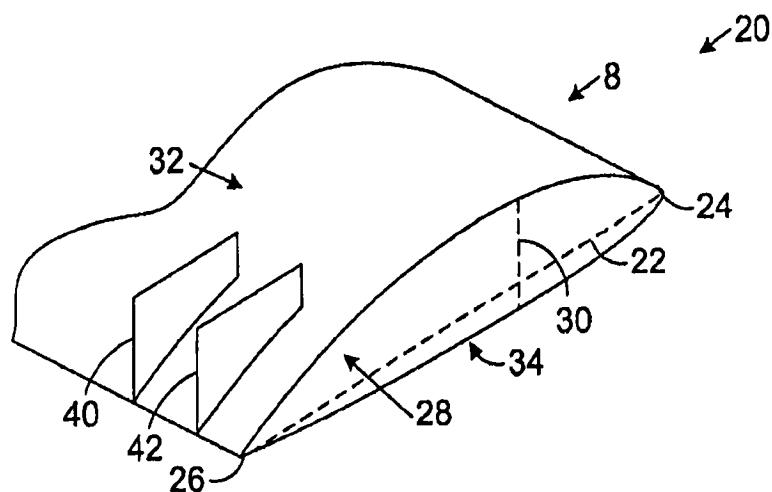


图 2

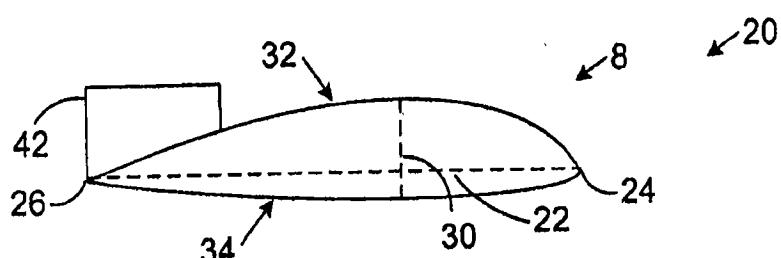


图 3

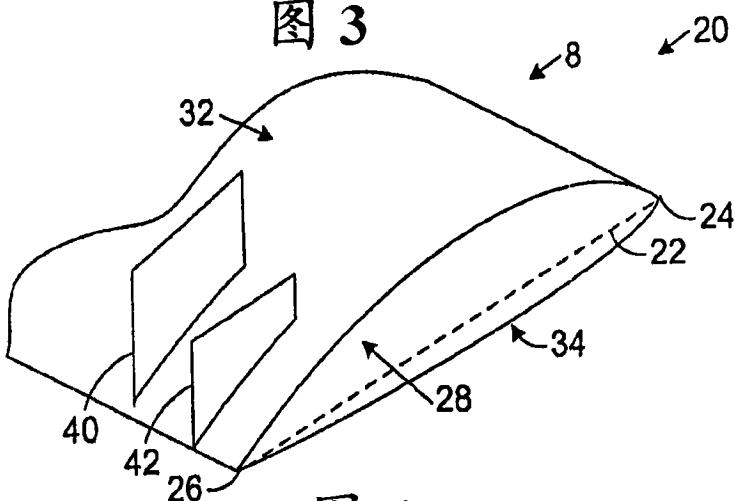


图 4

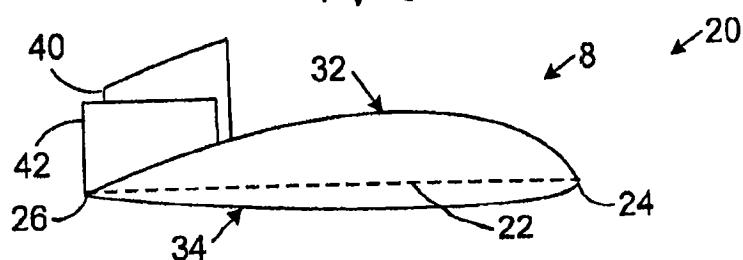


图 5

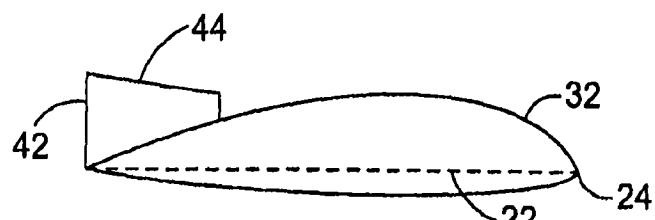


图 6

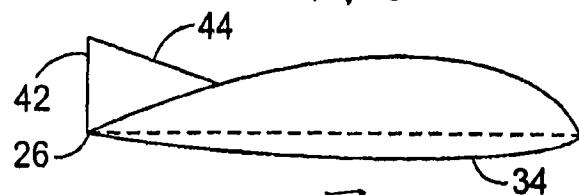


图 7

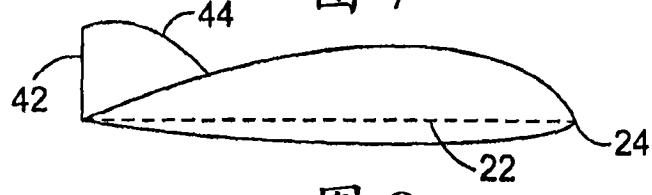


图 8

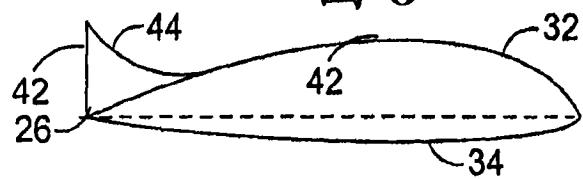


图 9

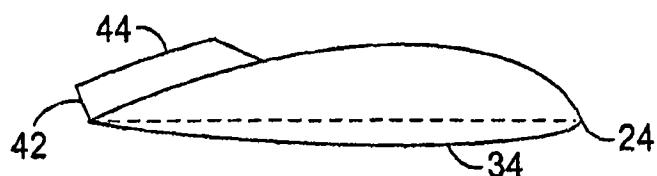


图 10

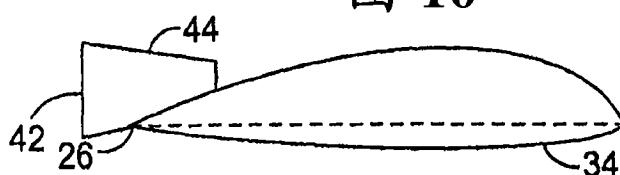


图 11

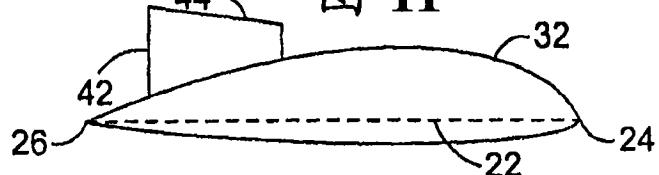


图 12

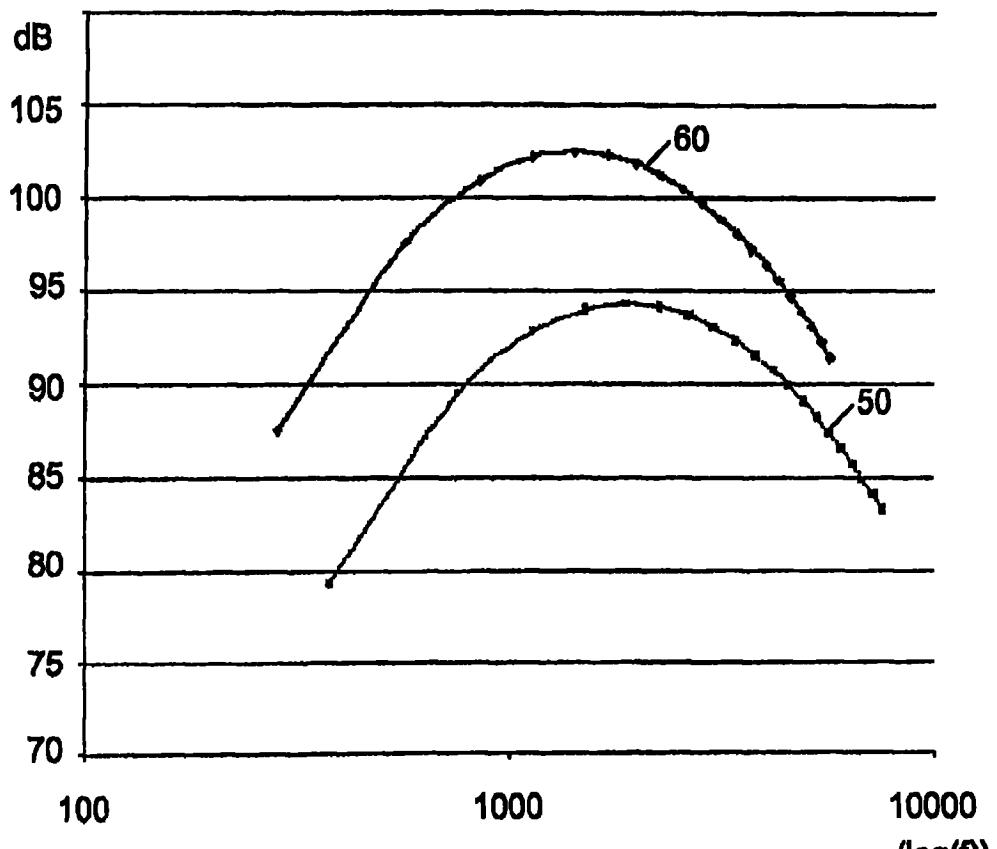


图 13

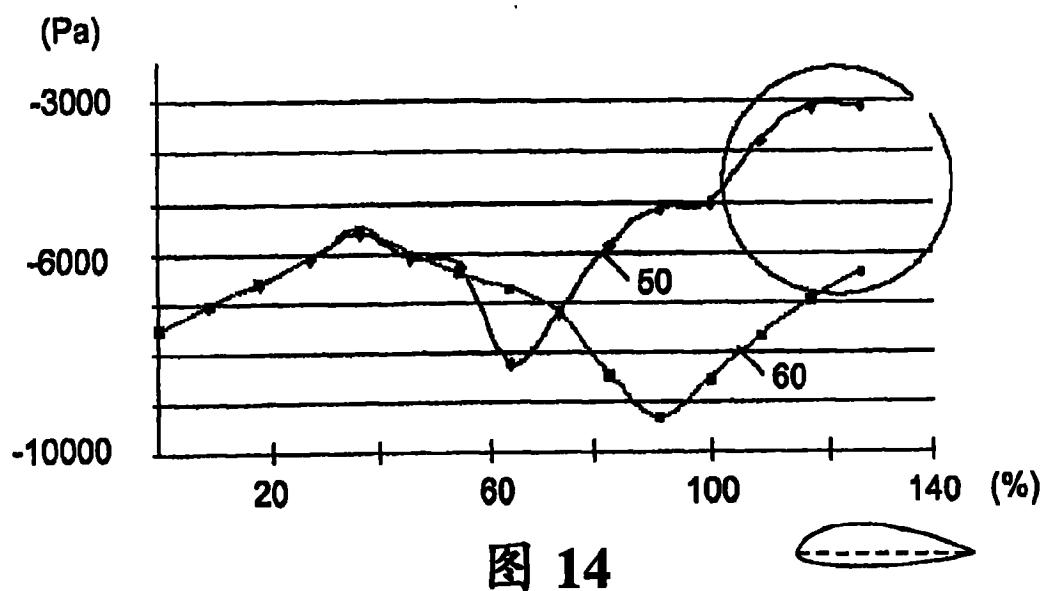


图 14

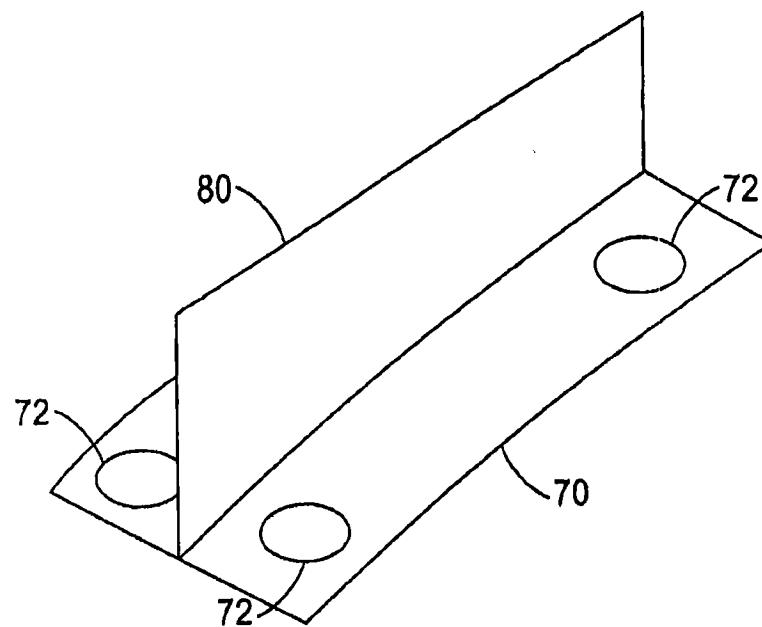


图 15

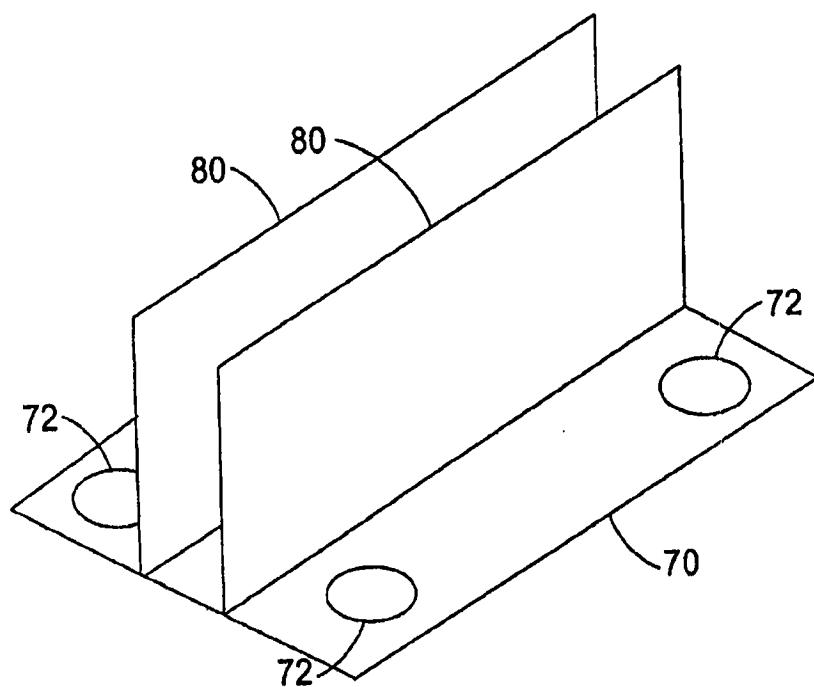


图 16