

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101725472 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 18

(21) 申请号 200910209192. 6

(22) 申请日 2009. 10. 20

(30) 优先权数据

12/254, 633 2008. 10. 20 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 P·L·贝尼托 J·王

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006. 01)

F03D 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2007/104306 A1, 2007. 09. 20, 全文.

WO 2007/110459 A1, 2007. 10. 04, 全文.

JP 特开 2004-293527 A, 2004. 10. 21, 全文.

EP 1244872 B1, 2006. 06. 07, 全文.

US 6671590 B1, 2003. 12. 30, 全文.

US 4160170 A, 1979. 07. 03, 全文.

审查员 李宏利

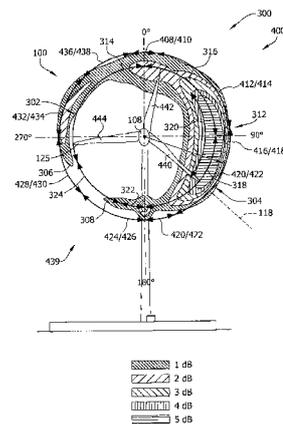
权利要求书3页 说明书21页 附图9页

(54) 发明名称

用于操作风力涡轮发电机的方法和系统

(57) 摘要

一种用于操作风力涡轮发电机的系统和方法。风力涡轮机叶片变桨控制系统(200)包括联接至风力涡轮机叶片(112)的至少一个叶片变桨驱动机构(130)。该系统还包括联接至至少一个叶片变桨驱动机构的至少一个处理器(202)。处理器编程为在第一风力涡轮机叶片旋经360°叶片旋转路径(302)的第一部分(414/438)时增大第一风力涡轮机叶片(440)的桨距角。这种桨距角增大有利于降低风力涡轮发电机(100)产生的声发射。当第二风力涡轮机叶片旋经360°叶片旋转路径的第二部分(418/426)时,处理器还基本同时减小第二风力涡轮机叶片(442)的桨距角。这种桨距角减小有利于提高风力涡轮机产生的功率。



1. 一种操作具有至少一个风力涡轮机叶片的风力涡轮发电机的方法,所述方法包括:
当所述至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第一范围时,增大该至少一个风力涡轮机叶片的桨距角,以便降低由所述风力涡轮发电机产生的声发射;和

当所述至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第二范围时,通过进行预定系列的桨距角调节来调整所述至少一个风力涡轮机叶片,以有利于所述风力涡轮发电机产生的发电量在预定范围内。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,增大至少一个风力涡轮机叶片的桨距角以及调整所述至少一个风力涡轮机叶片包括基本同时地增大第一风力涡轮机叶片的桨距角和调整第二风力涡轮机叶片。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,增大至少一个风力涡轮机叶片的桨距角以及调整所述至少一个风力涡轮机叶片包括:

产生所述至少一个风力涡轮机叶片的声发射的幅度分布和/或所述风力涡轮发电机的声发射的幅度分布;以及

根据所述声发射的幅度分布控制所述至少一个风力涡轮机叶片的桨距角。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,产生声发射的幅度分布包括:

将至少一个声音测量装置联接到至少一个处理器;

定向所述至少一个声音测量装置,以便接收所述风力涡轮发电机产生的声发射的至少一部分;以及

记录由所述风力涡轮发电机产生的所述声发射的至少一部分。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,增大至少一个风力涡轮机叶片的桨距角以及调整所述至少一个风力涡轮机叶片包括:使所述声发射的幅度分布的至少一部分与叶片方位位置的第一范围和第二范围中的至少一个相关联。

6. 一种风力涡轮机叶片变桨控制系统,包括:

联接到至少一个风力涡轮机叶片上的至少一个叶片变桨驱动机构;

联接到所述至少一个叶片变桨驱动机构上的至少一个处理器,其中,所述处理器编程为:

当第一风力涡轮机叶片旋转通过 360° 叶片旋转路径的第一部分时,增大所述第一风力涡轮机叶片的桨距角,从而有利于降低由风力涡轮发电机产生的声发射;以及

当第二风力涡轮机叶片旋转通过所述 360° 叶片旋转路径的第二部分时,通过进行预定系列的桨距角调节来调整所述第二风力涡轮机叶片,从而有利于所述风力涡轮发电机产生的发电量在预定范围内。

7. 根据权利要求6所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个处理器进一步联接到以下中的至少一个上:

至少一个叶片旋转路径位置感测系统;

至少一个叶片变桨位置反馈机构;以及

至少一个声音测量装置。

8. 根据权利要求7所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个声音测量装置包括定向成以便接收由所述风力涡轮发电机产生的所述声发射的至少一部分的至少一个传声器。

9. 根据权利要求 8 所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个传声器与所述至少一个处理器协作,以产生修改所述至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的至少一个反馈信号。

10. 根据权利要求 8 所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个传声器包括按预定的排列定向的多个传声器。

11. 根据权利要求 7 所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个叶片旋转路径位置感测系统包括:

至少一个转发器;以及

与所述至少一个转发器联接的至少一个接收器。

12. 根据权利要求 11 所述的风力涡轮机叶片变桨控制系统,其特征在于,所述至少一个转发器包括联接到所述至少一个风力涡轮机叶片上的至少一个射频识别型(RFID型)转发器。

13. 一种风力涡轮发电机,包括:

至少一个风力涡轮机叶片;和

叶片变桨控制系统,其包括:

联接到所述至少一个风力涡轮机叶片上的至少一个叶片变桨驱动机构;

联接到所述至少一个叶片变桨驱动机构上的至少一个处理器,其中,所述处理器编程为:

当所述至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第一范围时,增大所述至少一个风力涡轮机叶片的桨距角,从而有利于降低由所述风力涡轮发电机产生的声发射;和

当所述至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第二范围时,通过进行预定系列的桨距角调节来调整所述至少一个风力涡轮机叶片,从而有利于所述风力涡轮发电机产生的发电量在预定范围内。

14. 根据权利要求 13 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个处理器进一步联接到以下中的至少一个上:

至少一个叶片方位位置感测系统;

至少一个叶片变桨位置反馈机构;以及

至少一个声音测量装置。

15. 根据权利要求 14 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个声音测量装置包括定向成以便接收由所述风力涡轮发电机产生的所述声发射的至少一部分的至少一个传声器。

16. 根据权利要求 15 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个传声器与所述至少一个处理器协作,以产生修改所述至少一个风力涡轮机叶片的桨距角的至少一个反馈信号。

17. 根据权利要求 15 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个传声器包括按预定的排列定向的多个传声器。

18. 根据权利要求 14 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个叶片方位位置感测系统包括:

至少一个转发器;以及

与所述至少一个转发器联接的至少一个接收器。

19. 根据权利要求 18 所述的风力涡轮发电机,其特征在于,所述至少一个转发器包括联接到所述至少一个风力涡轮机叶片上的至少一个射频识别型(RFID 型)转发器。

用于操作风力涡轮发电机的方法和系统

技术领域

[0001] 本文所述的主体大体涉及风力涡轮发电机,且更尤其涉及用于降低风力涡轮发电机中的噪声产生的方法和系统。

背景技术

[0002] 至少一些已知的风力涡轮发电机包括具有多个叶片的转子。转子往往联接到位于例如桁架或管状塔筒的基座的顶部上的壳体或机舱上。至少一些已知的公用级风力涡轮机(即设计成以便为公共电网提供电功率的风力涡轮机)具有转子叶片,转子叶片具有预定的形状和尺寸。转子叶片将机械风能转换成诱生的叶片升力,诱生的叶片升力进一步诱生驱动一个或多个发电机的机械旋转扭矩,从而随后产生电功率。发电机往往但未必总是通过齿轮箱旋转地联接到转子上。齿轮箱提升用于发电机的涡轮机转子的本来低的旋转速度,以高效地将旋转机械能转换成电能,电能被送入公共电网中。还存在无齿轮直接驱动式风力涡轮发电机。

[0003] 在这样的已知的风力涡轮发电机运行期间,转子叶片旋转地运行通过空气会产生空气动力学声发射,或者噪声。这样的声发射中的至少一些包括具有至少有时接近当地的规章限制水平的分贝(dB)水平的幅度。因此,希望提供这样的方法和/或系统-该方法和/或系统有利于降低潜在的声发射的dB水平,从而使得在保持预定的发电量的同时,这样的声发射的幅度低于预定的dB参数。

发明内容

[0004] 在一方面中,提供了一种操作具有至少一个风力涡轮机叶片的风力涡轮发电机的方法。该方法包括当至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第一范围时,增大该至少一个风力涡轮机叶片的桨距角。桨距角的这种增大使风力涡轮发电机产生的声发射降低。该方法还包括当至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第二范围时,基本同时地减小该至少一个风力涡轮机叶片的桨距角。桨距角的这种减小使风力涡轮发电机产生的电功率增加。

[0005] 在另一方面中,提供了一种风力涡轮机叶片变桨控制系统。该系统包括联接到风力涡轮机叶片上的至少一个叶片变桨驱动机构。该系统还包括联接到该至少一个叶片变桨驱动机构上的至少一个处理器。该处理器编程为在第一风力涡轮机叶片旋转通过360°叶片旋转路径的第一部分时,使该第一风力涡轮机叶片的桨距角增大,从而有利于降低风力涡轮发电机产生的声发射。该处理器还编程为在第二风力涡轮机叶片旋转通过360°叶片旋转路径的第二部分时,使第二风力涡轮机叶片的桨距角减小,从而有利于增加风力涡轮发电机产生的功率。

[0006] 在又一方面,提供了一种风力涡轮发电机。该风力涡轮发电机包括至少一个风力涡轮机叶片和叶片变桨控制系统。该系统包括联接到至少一个风力涡轮机叶片上的至少一个叶片变桨驱动机构。该系统还包括联接到该至少一个叶片变桨驱动机构上的至少一个

处理器。该处理器编程为在至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第一范围时，使该至少一个风力涡轮机叶片的桨距角增大，从而有利于降低风力涡轮发电机产生的声发射。该处理器还编程为在至少一个风力涡轮机叶片旋转通过叶片方位值的第二范围时，基本同时地使该至少一个风力涡轮机叶片的桨距角减小，从而有利于增加风力涡轮发电机所产生的功率。

[0007] 本文所述的方法和系统通过活动地控制叶片变桨而有利于风力涡轮发电机的运行。特别地，调整各个叶片的变桨且由此调整各个叶片的暴露于风的截面积的技术效果有效地降低了所产生的声发射或噪声的 dB 水平。同样，特别地，在预定的参数内调整叶片的变桨有利于在叶片变桨瞬变期间在预定的范围内产生电功率。

附图简述

[0008] 图 1 是一种示例性风力涡轮发电机的示意图；

[0009] 图 2 是可与图 1 所示的风力涡轮发电机一起使用的一种机舱的截面示意图；

[0010] 图 3 是可与图 1 所示的风力涡轮发电机一起使用的一种示例性叶片变桨控制系统的示意图；

[0011] 图 4 是可由图 3 所示的风力涡轮发电机产生的一种声发射分布的示图；

[0012] 图 5 是可与图 3 所示的风力涡轮发电机一起使用的用于单个叶片的一种示例性叶片桨距角控制策略的图解视图；

[0013] 图 6 是图 5 所示的叶片桨距角控制策略的一部分和图 4 所示的声发射的分布的复合示图；

[0014] 图 7 是可与图 6 所示的风力涡轮发电机一起使用的用于三个叶片的一种示例性叶片桨距角控制策略的图解视图；

[0015] 图 8 是可与图 6 所示的风力涡轮发电机一起使用的用于三个叶片的一种示例性叶片桨距角模式的图解视图；以及

[0016] 图 9 是使用和没有使用可与图 6 所示的风力涡轮发电机一起使用的声发射降低法的一种示例性发电量分布的图解视图；部件列表

100	风力涡轮发电机
102	塔筒
104	塔筒支承面
106	机舱
108	转子
110	轮毂
112	叶片
114	旋转轴线
116	偏航轴线
118	变桨轴线
120	叶根部分
122	载荷转移区域
124	风
125	叶尖部分
126	叶片表面积
130	变桨驱动机构
131	变桨驱动马达
132	发电机
134	低速轴
136	齿轮箱
138	高速轴
140	联接件
142	齿轮箱支承件
144	发电机支承件

146	偏航驱动机构
148	气象杆
150	控制面板
152	前支承轴承
154	后支承轴承
200	叶片变桨控制系统
202	处理器
204	输入 / 输出 (I/O) 导管
206	叶片变桨位置反馈装置
208	叶片方位测量系统
210	RFID 型转发器
212	RFID 型转发器
214	RFID 型转发器
216	接收器
218	接收器
220	接收器
222	外部传声器
224	距离
226	排列
300	声发射分布
302	叶片方位
304	声发射包络
306	第一角位置
308	第二角位置

310	径向距离
312	声发射幅度分布
314	第一区域
316	第二区域
318	第三区域
320	第四区域
322	第五区域
324	第六区域
400	示例性叶片桨距角控制策略 的图解视图
401	竖直虚线
402	y-轴
403	递增点
404	x-轴
406	叶片桨距角补偿曲线
408	第一部分
410	第一方位范围
412	第二部分
414	第二方位范围
416	第三部分
418	第三方位范围
420	第四部分
422	第四方位范围
424	第五部分

426	第五方位范围
428	第六部分
430	第六方位范围
432	第七部分
434	第七方位范围
436	第八部分
438	第八方位范围
439	复合示图
440	第一叶片
442	第二叶片
444	第三叶片
450	示例性叶片桨距角控制策略 的图解视图
452	叶片桨距角补偿曲线
454	叶片桨距角补偿曲线
500	示例性叶片桨距角模式的图 解视图
502	y-轴
504	x-轴
506	第一叶片桨距角模式曲线
508	第二叶片桨距角模式曲线
510	第三叶片桨距角模式曲线
600	示例性发电量分布的图解视 图

602	y- 轴
604	x- 轴
606	测得的发电量曲线 (w/o 噪声降低)
608	测得的发电量曲线 (w 噪声降低)

具体实施方式

[0017] 本文所述的方法和系统通过活动地控制叶片变桨而有利于风力涡轮发电机的运行。这种方法和系统包括实现这样的叶片变桨控制系统：该叶片变桨控制系统根据叶片沿着方位旋转路径的位置来调整多个风力涡轮机叶片中的各个叶片的桨距角。特别地，调整各个叶片的变桨且由此通过调整各个叶片的暴露于风的截面积来调整叶尖速度的技术效果，降低了所产生的声发射或噪声的 dB 水平。同样，特别地，在预定的范围内调整叶片的变桨有利于在叶片变桨瞬变期间在预定的范围内产生电功率。另外，特别地，在预定的范围内调整叶片的变桨有利于降低构件加速磨损的可能性。

[0018] 图 1 是一种示例性风力涡轮发电机 100 的示意图。在此示例性实施例中，风力涡轮发电机 100 是水平轴风力涡轮机。备选地，风力涡轮机 100 可为垂直轴风力涡轮机。风力涡轮机 100 具有自支承面 104 延伸的塔筒 102、联接到塔筒 102 上的机舱 106 和联接到机舱 106 上的转子 108。转子 108 具有可旋转的轮毂 110 和联接到轮毂 110 上的多个转子叶片 112。在此示例性实施例中，转子 108 具有三个转子叶片 112。备选地，转子 108 具有使风力涡轮发电机 100 能够像本文所述的那样起作用的任何数量的转子叶片 112。在此示例性实施例中，塔筒 102 由管状钢制成，且具有在支承面 104 和机舱 106 之间延伸的腔体（图 1 中未示出）。备选地，塔筒 102 是使风力涡轮发电机 100 能够像本文所述的那样起作用的任何塔筒，包括但不限于栅格塔筒。塔筒 102 的高度是使风力涡轮发电机 100 能够像本文所述的那样起作用的任何值。

[0019] 叶片 112 位于转子轮毂 110 周围，以有利于使转子 108 旋转，从而将来自风 124 的动能转变成可用的机械能，并且随后转变成电能。转子 108 和机舱 106 关于偏航轴线 116 绕塔筒 102 旋转，以便控制叶片 112 相对于风 124 的方向的投影 (perspective)。通过在多个载荷转移区域 122 处将叶根部分 120 联接到轮毂 110 上来使叶片 112 与轮毂 110 相配。载荷转移区域 122 具有轮毂载荷转移区域和叶片载荷转移区域（两者在图 1 中均未示出）。在叶片 112 中诱生的载荷 112 通过载荷转移区域 122 而转移至轮毂 110。各个叶片 112 还包括叶尖部分 125。

[0020] 在该示例性实施例中，叶片 112 具有介于 50 米 (m) (164 英尺 (ft)) 和 100m (328ft) 之间的长度，但是这些参数不形成对本公开的限制。备选地，叶片 112 可具有使风力涡轮发

电机能够如本文所述的那样起作用的任何长度。当风 124 冲击各个叶片 112 时,在各个叶片 112 上会诱生叶片升力(未示出),且当叶尖部分 125 加速时,会诱生转子 108 绕旋转轴线 114 的旋转。可通过变桨调节机构(图 1 中未示出)来改变叶片 112 的桨距角(未示出),即确定各个叶片 112 相对于风 124 的方向的投影的角。特别地,增大叶片 112 的桨距角会使面积 126 的暴露于风 124 的部分减小,并且,相反,减小叶片 112 的桨距角会使面积 126 的暴露于风 124 的部分增大。

[0021] 例如,大约 0 度的叶片桨距角(有时称为“功率位置”)使叶片表面积 126 的很大的部分暴露于风 124,从而导致在叶片 112 上诱生第一升力值。类似地,大约 90 度的叶片桨距角(有时称为“顺桨位置”)使叶片表面积 126 的小得多的部分暴露于风 124,从而导致在叶片 112 上诱生第二升力值。在叶片 112 上诱生的第一升力值大于在叶片 112 上诱生的第二升力值,从而升力的值与暴露于风 124 的叶片表面积 126 成正比。因此,在叶片 112 上诱生的升力的值与叶片桨距角的值成反比。

[0022] 同样,例如,当叶片升力增大时,叶尖部分 125 的线速度增大。相反,当叶片升力减小时,叶尖部分 125 的线速度减小。因此,叶尖部分 125 的线速度的值与在叶片 112 上诱生的升力的值成正比,且由此可见叶尖部分 125 的线速度与叶片桨距角成反比。

[0023] 此外,当叶尖部分 125 的速度提高时,来自叶片 112 的声发射(图 1 中未示出)的幅度(未示出)提高。相反,当叶尖部分 125 的速度降低时,来自叶片 112 的声发射的幅度降低。因此,来自叶片 112 的声发射的幅度与叶尖部分 125 的线速度成正比,且由此可见来自叶片 112 的声发射的幅度与叶片桨距角成反比。

[0024] 绕各个叶片 112 的变桨轴线 118 来调节叶片 112 的桨距角。在该示例性实施例中,对叶片 112 的桨距角进行单独控制。备选地,可成组地控制叶片 112 的变桨。更进一步备选地,可调整叶片的变桨和叶片 112 的速度,以便降低声发射。优选地,可通过本地控制器(未示出)控制风力涡轮机 100 来降低潜在的声发射,或者可通过远程控制器(未示出)远程地控制风力涡轮机 100 来降低噪声。

[0025] 图 2 是示例性风力涡轮机 100 的机舱 106 的截面示意图。风力涡轮机 100 的各种构件均容纳在风力涡轮机 100 的塔筒 102 顶部的机舱 106 中。机舱 106 包括联接到一个叶片 112(图 1 中示出)上的一个变桨驱动机构 130,其中机构 130 沿着变桨轴线 118 调整相关联的叶片 112 的变桨。图 2 中仅示出了三个变桨驱动机构 130 中的一个。在该示例性实施例中,各个变桨驱动机构 130 包括至少一个变桨驱动马达 131,其中变桨驱动马达 131 是使机构 130 能够如本文所述的那样起作用的由电力驱动的任何电动机。备选地,变桨驱动机构 130 包括任何适当的结构、构造、布置和/或构件,例如但不限于液压缸、弹簧和伺服机构。此外,变桨驱动机构 130 可由任何适当的方式驱动,例如但不限于液压流体,和/或机械动力—例如但不限于诱生的弹簧力和/或电磁力。

[0026] 机舱 106 还包括通过转子轴 134(有时称为低速轴 134)、齿轮箱 136、高速轴 138 和联接件 140 可旋转地联接到位于机舱 106 内的发电机 132 上的转子 108。轴 134 的旋转可旋转地驱动齿轮箱 136,随后齿轮箱 136 可旋转地驱动轴 138。轴 138 通过联接件 140 可旋转地驱动发电机 132,且轴 138 的旋转有利于使发电机 132 产生电功率。齿轮箱 136 和发电机 132 分别由支承件 142 和 144 支承。在该示例性实施例中,齿轮箱 136 使用双路径几何结构来驱动高速轴 138。备选地,主转子轴 134 通过联接件 140 直接联接到发电机 132

上。

[0027] 机舱 106 进一步包括偏航调节机构 146, 偏航调节机构 146 可用来使机舱 106 和转子 108 在轴线 116 (示于图 1 中) 上旋转, 以控制叶片 112 相对于风向的投影。机舱 106 还包括至少一个气象杆 148, 其中杆 148 包括风向标和风速计 (图 2 中均未示出)。杆 148 为涡轮机控制系统 (未示出) 提供可包括风向和 / 或风速的信息。涡轮机控制系统的一部分处于控制面板 150 内。机舱 106 进一步分别包括前支承轴承 152 和后支承轴承 154, 其中轴承 152 和 154 有利于轴 134 的径向支承和对准。

[0028] 风力涡轮发电机 100 包括变桨控制系统 200, 其中该变桨控制系统 200 的至少一部分位于机舱 106 中, 或者比较不优选地位于机舱 106 外。特别地, 本文所述的变桨控制系统 200 的至少一部分包括至少一个处理器 202 和存储装置 (未示出), 以及至少一个输入 / 输出 (I/O) 导管 204, 其中导管 204 包括至少一个 I/O 通道 (未示出)。更特别地, 处理器 202 位于控制面板 150 内。变桨控制系统 200 基本提供了如本文所述的风力涡轮机噪声减少的技术效果。

[0029] 如本文所用, 用语处理器不仅限于本领域中称为计算机的那些集成电路, 而是宽泛地指微处理器、微型计算机、可编程逻辑控制器 (PLC)、专用集成电路和其它可编程电路, 而且在本文中可互换的方式来使用这些用语。在本文所述的实施例中, 存储器可包括但不限于诸如随机存取存储器 (RAM) 的计算机可读介质, 以及诸如闪存的计算机可读非易失性介质。备选地, 也可使用软盘、压缩盘一只读存储器 (CD-ROM)、磁光盘 (MOD) 和 / 或数字多功能盘 (DVD)。同样, 在本文所述的实施例中, 额外的输入通道可以是但不限于与操作者接口相关联的计算机外围设备, 诸如鼠标和键盘。备选地, 也可使用其它计算机外围设备, 例如包括但不限于扫描仪。此外, 在该示例性实施例中, 额外的输出通道可包括但不限于操作者接口监视器。

[0030] 本文所述的处理器 202 和其它处理器 (未示出) 处理从多个电气和电子装置传输来的信息, 所述多个电气和电子装置可包括但不限于叶片变桨位置反馈装置 206 (以下进行了进一步描述) 和发电量反馈装置 (未示出)。RAM 和存储装置 (未示出) 存储和传递将由处理器 202 执行的信息和指令。还可使用 RAM 和存储装置在处理器 202 执行指令期间存储临时变量、静态 (即不改变的) 信息和指令或者其它中间信息以及将这些临时变量、静态 (即不改变的) 信息和指令或者其它中间信息提供给处理器 202。所执行的指令包括但不限于常驻叶片变桨系统 200 控制命令。指令的执行顺序不限于硬件电路和软件指令的任何特定组合。

[0031] 在该示例性实施例中, 包括但不限于处理器 202 的变桨控制系统 200 的至少一部分位于控制面板 150 内。此外, 处理器 202 通过至少一个 I/O 导管 204 联接到叶片变桨驱动马达 131 上。I/O 导管 204 包括任何数量的通道, 该通道具有任何架构, 包括但不限于 Cat 5/6 电缆、双绞线和无线通信特征。变桨控制系统 200 可包括分布式和 / 或集中式控制体系结构, 或者它们的任何组合。

[0032] 变桨控制系统 200 还包括通过至少一个 I/O 导管 204 与处理器 202 联接的多个独立的叶片变桨位置装置 206。在该示例性实施中, 各个变桨驱动机构 130 与单个叶片变桨位置反馈装置 206 相关联。备选地, 任何数量的位置反馈装置 206 与各个机构 130 相关联。因此, 在该示例性实施例中, 机构 130 和相关联的驱动马达 131 以及装置 206 均包括在本文所

述的系统 200 中。各个位置反馈装置 206 测量各个叶片 112 的变桨位置,或者更具体地,各个叶片 112 相对于风 124(如图 1 所示)和 / 或相对于转子轮毂 110 的角度。位置反馈装置 206 是在风力涡轮机 100 内或远离风力涡轮机 100 具有任何适当定位的任何适当的传感器,诸如但不限于光学角度编码器、磁旋转式编码器和增量式编码器或者它们的一些组合。此外,位置反馈装置 206 将基本代表相关联的叶片 112 变桨位置的变桨测量信号(未示出)传输到处理器 202,以对这些信号进行处理。

[0033] 图 3 是示例性叶片变桨控制系统 200 的示意图。除了处理器 202 和叶片变桨位置反馈装置 206 之外,系统 200 还包括叶片方位测量系统 208。叶片方位测量系统 208 包括至少一个转发器,该转发器是多个射频识别型(RFID 型)转发器 210、212 和 214。转发器 210、212 和 214 中的各个联接到一个叶片 112 上。叶片方位测量系统 208 还包括位于塔筒 102 内的多个接收器 216、218 和 220。转发器 210 经调整,以便传输具有包括但不限于频率和幅度的预定信号参数的预定信号(未示出)。接收器 216 位于塔筒 102 内,且与转发器 210 联接,即接收器 216 调整成以便从转发器 210 接收信号。转发器 212 和 214 类似地分别与接收器 218 和 220 成对。在该示例性实施例中,接收器 216、218 和 220 在塔筒 102 内位于不同高度处,其中转发器 210、212 和 214 沿着相关联的叶片 112 位于不同的纵向点处。

[0034] 如上所述来定位转发器 210、212 和 214 以及接收器 216、218 和 220 使转发器 210 和接收器 216 能够彼此相互作用,同时使转发器 210 和接收器 216 与接收器 218 和 220 分开,以减小转发器 210 与接收器 218 和 220 相互作用的可能性。类似地,这种定位使转发器 212 和接收器 218 能够彼此相互作用,同时使转发器 212 和接收器 218 与接收器 216 和 220 分开,以减小转发器 212 与接收器 216 和 220 相互作用的可能性。同样,类似地,这种设置使转发器 214 和接收器 220 能够彼此相互作用,同时使转发器 214 和接收器 220 与接收器 216 和 218 分开,以减小转发器 214 与接收器 216 和 218 相互作用的可能性。备选地,通过在这样的转发器 210、212 和 214 与接收器 216、218 和 220 之间分配预定的频率分隔,来进一步减小转发器 210、212 和 214 与接收器 216、218 和 220 之间的不期望的相互作用的可能性。接收器 216、218 和 220 中的各个通过导管 204 联接到处理器 202 上,从而形成三个单独的通道(未示出)。

[0035] 在该示例性实施例中,如上所述来定位和 / 或形成转发器 210、212 和 214 与接收器 216、218 和 220 的预定的频率分隔的技术效果是,当该叶片 112 和转发器 210 从接收器 216 旁边旋转经过时,联接有转发器 210 的叶片 112 的运动在接收器 216 中诱生响应。接收器 216 中的这种响应产生基本表示带有转发器 210 的叶片 112 的位置的电子信号(未示出)。该信号传输到处理器 202,其中处理器 202 接收这种电子信号。处理器 202 还包括导管 204 内的充足的 I/O 通道(未示出),从而使得处理器 202 接收基本表示转子 108 的速度的电子信号(未示出)。另外,处理器 202 编程为以基本持续的方式根据时间来确定带有转发器 210 的叶片 112 的位置。类似的技术效果通过转发器 212 和 214 以及接收器 218 和 220 来形成。备选地,使用叶片方位测量系统 208 的任何定向和构造、处理器 202 的任何编程,以及 I/O 导管 204 关于处理器 202 的任何构造,其使系统 200 能够像本文所述的那样起作用。

[0036] 同样,备选地,使用使系统 200 能够像本文所述的那样操作的任何叶片位置感测技术。这样的技术包括但不限于光学旋转式编码器、或者轴编码器以及接近传感器。例如,

轴编码器（未示出）可在齿轮箱 136 处或附近联接到低速轴 134 上（均在图 2 中示出）。这种轴编码器是感测轴 134 的至少一部分的角位置且产生基本表示这种角位置的模拟或数字信号的机电装置。对于风力涡轮发电机，诸如包括三个叶片 112 的风力涡轮机 100，三个轴编码器可大致位于轴 134 的、邻近转子 108 周围的叶片 112 的基本类似的位置的那些部分处。

[0037] 另外，备选地，例如，接近传感器（未示出）可联接到低速轴 134 的至少部分地围绕和 / 或包围低速轴 134 的固定部分上。此外，三个标记在两相方向上彼此间隔开大约 120° 而置于轴 134 上，其中各个标记基本表示各个相关联的叶片 112 绕转子 108 的位置。当轴 134 旋转时，各个标记横越而经过接近传感器，其中各个标记和传感器之间的联系产生用于相关联的叶片位置算法的复位信号。该算法包括关于当前轴速度的至少一个输入，且根据这种轴速度和自从最近的复位以来的时延产生位置信号。各个叶片 112 的位置以基本相似的方式来计算。

[0038] 同样，在该示例性实施例中，系统 200 进一步包括至少一个外部声音测量装置，或者位于离塔筒 102 一段预定距离 224 处的传声器 222。备选地，系统 200 包括按预定的排列 226 定向的多个传声器 222。另外，备选地，系统 200 包括使系统 200 能够如本文所述的那样起作用的按任何定向排列的任何数量的传声器 222。传声器 222 通过 I/O 导管 204 联接到处理器 202 上，且产生电子信号（未示出），该电子信号基本表示当叶片 112 绕轴线 114 旋转时从各个叶片 112 发出的声发射（未示出）。

[0039] 在该示例性实施例中，传声器 222 的技术效果是要产生基本表示从各个叶片 112 发出的声发射的宽带和 / 或窄带特征的信号（未示出），且将该信号传输到处理器 202，该信号包括但不限于近似频率和幅度值。同样，在该示例性实施例中，处理器 202 使自传声器 222 传输的这样的信号与适当的叶片 112 相关联，其中处理器 202 产生关于各个叶片 112 的声发射的分布（未示出）。另外，在该示例性实施例中，处理器 202 整合叶片 112 的这样的个别分布来产生风力涡轮机声发射的分布（图 3 中未示出）。所收集到的另外的数据可包括但不限于全部均随时间而变化的发电量需求以及风速和风向。此外，在该示例性实施例中，如以下所进一步描述的，处理器 202 将传声器 222 产生的声发射的信号用作调整信号（trimming signal）。

[0040] 图 4 是可由风力涡轮发电机 100 产生的声发射的分布 300 的示图。作为参照，示出了包括 0° 、 90° 、 180° 和 270° 的角旋转值的 360° 叶片旋转运行路径，或者叶片方位 302。分布 300 包括声发射包络 304，声发射包络 304 至少部分地通过第一角位置 306 沿顺时针方向延伸到第二角位置 308 来限定。第一角位置 306 具有在大约 225° 至大约 270° 的范围内的值，而且在该示例性实施例中，第一角位置具有大约 250° 的值。第二角位置 308 具有在大约 180° 至大约 225° 的范围内的值，而且在该示例性实施例中，第二角位置 308 具有大约 200° 的值。

[0041] 包络 304 自旋转轴线 114 延伸径向距离 310。此外，包络 304 基本表示至少一个基准值以上的以 dB 为单位的声发射幅度值。更特别地，包络 304 至少部分地限定了声发射的幅度分布 312，其中相关联的声发射的幅度水平是随以下参数而变化的：这些参数包括但不限于叶片 112 沿着叶片方位 302 的位置、沿着径向距离 310 的位置、所考虑的频谱、基准声发射的值、叶尖部分 125 的线速度、多普勒频移值，以及暴露于风 124（在图 1 中示出）的

叶片表面积 126 的部分。

[0042] 另外,大体上,由风力涡轮发电机 100 产生的声发射主要与叶片 112 通过风 124(在图 1 中示出)进行的旋转相关联。特别地,声发射由叶片 112 的接近叶尖部分 125 的外部部分(未示出)主导。此外,关于所有频率的声发射,向下运行的叶片 112 都是主导性的。特别地,由沿着叶片方位 302 介于 0° 和 180° 位置之间的叶片 112 产生的声发射的幅度大于 180° 和 0° 位置之间产生的声发射的幅度。更特别地,当各个叶片 112 沿着叶片方位 302 自 0° 角位置值向下旋转到 180° 角位置值时,测得的声发射比各个叶片自 180° 角位置值向上旋转到 0° 角位置值时所记录的测得声发射要高大约 1dB 至大约 2dB。这种声发射的优势性根本上是由于外部传声器 222 位于塔筒支承面 104(均在图 3 中示出)上,且从而使得叶片 112 接近传声器 222,并且随后自传声器 222 撤回(在图 3 中示出)。

[0043] 在该示例性实施例中,系统 200 的技术效果是调整叶片 112 绕变桨轴线 118 的桨距角,从而调整叶片表面积 126 的暴露于风 124 的部分,随后调整在叶片 112 上诱生的叶片升力和转子 108 的旋转速度,从而调整叶尖部分 125 的线速度,且最终调整声发射的幅度水平。

[0044] 在该示例性实施例中,声发射的幅度分布 312 包括沿着叶片方位 302 自大约 250° 位置延伸到大约 0° 位置的第一区域 314。第一区域 314 包括第一角位置 306。同样,在该示例性实施例中,第一区域 314 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 250° 位置顺时针向上旋转到大约 0° 位置时,在预定的基准值之上大约 0dB 至大约 2dB 的范围内的递增的声发射的幅度水平。此处,关于与风力涡轮机声发射相关联的 dB 水平的论述基本表示与示例性风力涡轮发电机 100 相关联的那些。备选地,取决于所使用的风力涡轮发电机的型号,第一区域 314 内的这样的声发射的范围可为在基准值之上大约 0dB 至 3dB。同样,备选地,取决于所使用的风力涡轮发电机的型号,类似的 dB 水平可比关于示例性实施例所述的那些超出 1dB 至 2dB,或者超出更多。但是这些 dB 水平不对本公开形成限制。

[0045] 同样,在该示例性实施例中,分布 312 包括沿着叶片方位 302 自大约 0° 位置延伸到大约 90° 位置的第二区域 316。第二区域 316 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 0° 位置向下旋转到大约 90° 位置时,在预定的基准值之上大约 2dB 至大约 5dB 的范围内的递增的声发射的幅度水平。

[0046] 另外,在该示例性实施例中,分布 312 包括沿着叶片方位 302 自大约 90° 位置延伸到大约 180° 位置的第三区域 318。第三区域 318 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 90° 位置向下旋转到大约 180° 位置时,在预定的基准值之上大约 5dB 至大约 2dB 的范围内的递减的声发射的幅度水平。第二区域 316 和第三区域 318 协作以限定第四区域 320。第四区域 320 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 45° 位置向下旋转到大约 135° 位置时,在预定的基准值之上大约 4dB 至大约 5dB 的范围内的声发射的幅度峰值。

[0047] 同样,在该示例性实施例中,分布 312 包括沿着叶片方位 302 自大约 180° 位置延伸到大约 200° 位置的第五区域 322。第五区域 322 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 180° 位置顺时针向上旋转到大约 200° 位置时,在预定基准值之上大约 2dB 至大约 0dB 的范围内的递减的声发射的幅度水平。第五区域 322 包括第二角位置 308。第一角位置 306 和第二角位置 308 限定了叶片方位 302 的第六区域 324,第六区域 324 基本表示当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 200° 位置顺时针向上旋转到大约 250° 位置时,在预定基

准值之上大约 0dB 的声发射的幅度水平。

[0048] 图 5 是可与风力涡轮发电机 100(在图 3 中示出)一起使用的单个叶片的一种示例性叶片桨距角控制策略的图解视图或图表 400。图表 400 包括纵坐标,或 y 轴 402,其中 y 轴 402 基本表示叶片 112 的桨距角补偿,且 y 轴 402 被分成从 $+1.75^{\circ}$ 至 -1.75° 以 0.35° 递增的角度单位,或 $^{\circ}$ 。图表 400 还包括横坐标,或 x 轴 404,其中 x 轴 404 基本表示叶片方位 302,且 x 轴 404 被分成从 0° 至 360° 以 60° 递增的角度单位,或 $^{\circ}$ 。图表 400 进一步包括对应于与叶片方位 302 相关联的多个递增点 403 的多个垂直虚线 401。在图 5 中,为了便于观察,与图 4 所示的基本圆形相反,叶片方位 302 基本笔直和垂直地定向。

[0049] 图表 400 进一步包括叶片桨距角补偿曲线 406。在该示例性实施例中,叶片桨距角补偿曲线 406 基本表示了处理器 202(在图 2 中示出)内的多个叶片桨距角补偿命令信号(未示出)的一种示例性编程,其中这样的信号通过 I/O 导管 204 的一部分从处理器 202 传输到变桨驱动马达 131(均在图 2 中示出)。类似地,如下文进一步描述的,曲线 406 还基本表示了以预定的叶片桨距角补偿值对叶片 112 进行补偿性定位。

[0050] 同样,在该示例性实施例中,这样的叶片桨距角补偿命令信号与其它叶片变桨命令信号(未示出)组合来使叶片 112 的桨距角(未示出)变化到预定的位置,从而有利于根据风 124(在图 1 中示出)来诱生预定的叶片升力。更特别地,处理器 202 根据包括但不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的、输入到处理器 202 的多个输入信号来产生以及传输基本表示关于预定的桨距角和诱生的叶片力的命令的电子信号。因此,处理器 202 使由曲线 406 表示的叶片桨距角补偿命令信号与所有的其它叶片变桨命令信号组合,以绕轴线 118 定位叶片 112。

[0051] 叶片桨距角补偿曲线 406 包括沿着叶片方位 302 限定在大约 350° 至大约 10° 的第一方位范围 410 之间的第一部分 408。第一部分 408 基本表示绕变桨轴线 118(在图 4 中示出)的大约 0° 的叶片变桨补偿。也就是说,当叶片 112 沿着叶片方位 302 旋转通过大约 350° 和大约 10° 时,处理器 202 产生了以下叶片变桨命令信号并且将该信号传输至驱动马达 131:该叶片变桨命令信号基本表示响应于包括但不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的多个输入的输出。

[0052] 叶片桨距角补偿曲线 406 还包括沿着叶片方位 302 限定在大约 10° 至大约 85° 的第二方位范围 414 之间的第二部分 412。第二部分 412 基本表示了叶片桨距角补偿命令信号的变化,其中此变化对应于叶片桨距角从之前的桨距角起增加大约 1.4° 。这种桨距角变化发生在叶片 112 沿着叶片方位 302 在大约 10° 至大约 85° 之间旋转运行的整个范围 414 中。也就是说,处理器 202 产生了以下叶片变桨命令信号并将其传输到驱动马达 131:该叶片变桨命令信号基本表示响应于包括第二部分 412 以及包括但不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的多个输入的叶片桨距角命令。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 10° 旋转到 85° 时,叶片 112 使得桨距角从当叶片 112 沿着叶片方位 302 在大约 350° 和大约 10° 之间旋转时所存在的之前的桨距角起增加了大约 1.4° 。

[0053] 叶片桨距角补偿曲线 406 进一步包括沿着叶片方位 302 限定在大约 85° 至大约 155° 的第三方位范围 418 之间的第三部分 416。第三部分 416 基本表示了叶片桨距角补偿命令信号的以下变化:该变化对应于叶片桨距角沿着叶片方位 302 在大约 85° 至大约 155° 之间的范围 418 中的大约 1.4° 的减小。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大

约 85° 旋转到大约 155° 时,叶片 112 使桨距角减小大约 1.4° ,从而基本获得当叶片 112 沿着叶片方位 302 在大约 350° 和大约 10° 之间旋转时所存在的之前的桨距角。

[0054] 叶片桨距角补偿曲线 406 还包括沿着叶片方位 302 限定在大约 155° 至大约 180° 的第四方位范围 422 之间的第四部分 420。第四部分 420 基本表示绕变桨轴线 118 的大约 0° 的叶片变桨补偿。也就是说,处理器 202 产生了与以上关于第一部分 408 所述的叶片变桨命令信号基本相似的叶片变桨命令信号,并且将其传输到驱动马达 131。

[0055] 叶片桨距角补偿曲线 406 进一步包括沿着叶片方位 302 限定在大约 180° 至大约 255° 的第五方位范围 426 之间的第五部分 424。第五部分 424 基本表示了叶片桨距角补偿命令信号的变化,其中此变化最初对应于当叶片 112 旋转通过沿着叶片方位 302 在大约 180° 至大约 255° 之间的范围 426 时,叶片桨距角从之前的叶片桨距角值起大约 1.0° 的减小。也就是说,处理器 202 产生了以下叶片变桨命令信号并将其传输到驱动马达 131:该叶片变桨命令信号基本表示响应于包括第五部分 424 以及不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的多个输入的叶片桨距角命令。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 180° 旋转到大约 255° 时,叶片 112 使桨距角从当叶片 112 沿着叶片方位 302 在大约 155° 和大约 180° 之间旋转时所存在的之前的桨距角起减小大约 1.0° 。

[0056] 叶片桨距角补偿曲线 406 还包括沿着叶片方位 302 限定在介于大约 225° 至大约 270° 的第六方位范围 430 之间的第六部分 428。第六部分 428 基本表示叶片桨距角补偿命令信号的变化,其中此变化最初对应于当叶片 112 旋转通过沿着叶片方位 302 介于大约 225° 至大约 270° 之间的范围 430 时,叶片桨距角从之前的叶片桨距角值起大约 0.1° 的增大。也就是说,处理器 202 产生了以下叶片变桨命令信号并且将其传输到驱动马达 131:该叶片变桨命令信号基本表示响应于包括第六部分 428 以及不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的多个输入的叶片桨距角命令。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 225° 旋转到大约 270° 时,叶片 112 使桨距角从当叶片 112 沿着叶片方位 302 旋转通过大约 225° 时所存在的之前的桨距角起增大大约 0.1° 。

[0057] 叶片桨距角补偿曲线 406 进一步包括沿着叶片方位 302 限定在大约 270° 至大约 315° 的第七方位范围 434 之间的第七部分 432。第七部分 432 基本表示了叶片桨距角补偿命令信号的变化,其中此变化最初对应于当叶片 112 旋转通过沿着叶片方位 302 在大约 270° 至大约 315° 之间的范围 434 时,叶片桨距角从之前的叶片桨距角值起大约 0.1° 的减小。也就是说,处理器 202 产生了以下叶片变桨命令信号并将其传输到驱动马达 131:该叶片变桨命令信号基本表示了响应于包括第七部分 432 以及不限于发电量需求和转子 108 旋转速度约束的多个输入的叶片桨距角命令。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 270° 旋转到大约 315° 时,叶片 112 使桨距角从当叶片 112 沿着叶片方位 302 旋转通过大约 270° 时所存在的之前的桨距角起减小大约 0.1° 。

[0058] 叶片桨距角补偿曲线 406 进一步包括沿着叶片方位 302 限定在大约 315° 至大约 350° 的第八方位范围 438 之间的第八部分 436。第八部分 436 基本表示叶片桨距角补偿命令信号的变化,此变化对应于当叶片 112 旋转通过沿着叶片方位 302 介于大约 315° 至大约 350° 之间的范围 438 时,叶片桨距角从之前的叶片桨距角起大约 1.0° 的增大。特别地,当叶片 112 沿着叶片方位 302 自大约 315° 旋转到大约 350° 时,叶片 112 使桨距角增大大约 1.0° ,从而基本获得沿着叶片方位 302 在大约 155° 和大约 180° 处所存在的桨距角。

[0059] 以上提供了随叶片 112 的旋转位置而变化的示例性叶片桨距角补偿值。备选地,使用使得叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样起作用的用于叶片 112 的任何方位位置的任何叶片变桨补偿值。

[0060] 在该示例性实施例中,当第一叶片 112 运行通过由叶片方位 302 限定的 360° 旋转路径时,由叶片桨距角补偿曲线 406 限定的叶片变桨调节始终应用于第一叶片 112。此外,将这样的叶片变桨调节应用于其余的叶片 112,其中,在该示例性实施例中,存在定位成沿着转子 108 和叶片方位 302 彼此隔开大约 120° 弧且与第一叶片隔开大约 120° 弧的两个另外的叶片 112。因此,各个叶片 112 根据曲线 406 使桨距角关于任何相邻叶片 112 以 120° 异相地变化。备选地,各个叶片 112 具有使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样起作用的用于叶片 112 的旋转位置的独特的一组叶片变桨补偿值。

[0061] 操作风力涡轮发电机 100 的一种示例性方法包括当风力涡轮机叶片 112 旋转通过叶片方位值 302 的方位范围 414 时使风力涡轮机叶片 112 的桨距角增大,从而降低风力涡轮发电机 100 产生的声发射。该方法还包括当风力涡轮机叶片 112 旋转通过叶片方位值 302 的方位范围 430 时使风力涡轮机叶片 112 的桨距角减小,从而增加风力涡轮发电机 100 产生的电功率。

[0062] 图 6 是叶片桨距角控制策略 400 的一部分和声发射的分布 300 的复合示图,其中声发射的幅度分布 312 与叶片桨距角补偿曲线 406(在图 5 中示出)相关联。特别地,图 6 示出了声发射的幅度分布 312 与叶片桨距角补偿曲线 406(在图 5 中示出)之间的关系。更特别地,图 6 分别示出了分布 312 的区域 314、316、318、320、322 和 324 和曲线 406(在图 5 中示出)的部分 408、412、416、420、424、428、432 和 436 与相关联的方位范围 410、414、418、422、426、430、434 和 438 之间的关系。

[0063] 在该示例性实施例中,大约 3 米/秒 (m/s) (6.7 英里每小时 (mph)) 至大约 25m/s (55.9mph) 的风速与大约 0 兆瓦特 (MW) 和大约 1.5MW 的发电量值相关联。备选地,任何风速和任何发电量范围与使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样运行的任何风力涡轮发电机相关联。

[0064] 在运行期间,风 124(在图 1 中示出)沿着叶片表面积 126(在图 1 中示出)冲击各个叶片 440、420 和 444,其中各个叶片 440、442 和 444 与叶片 112(在图 1、3 和 4 中示出)基本相似。此处,除非另作讨论,对叶片 440 的运行进行了讨论,其中叶片 442 和 444 的运行基本相似。这种冲击在各个叶片 112 中诱生旋转力,其中这样的旋转力传递到转子 108。转子 108 驱动发电机 132 来产生电功率。转子 108 的旋转速度和发电机 132 的发电量与根据风 124 而诱生的叶片升力成比例。随着诱生的叶片升力增加,通过叶片 440 诱生了更大的旋转力,且转子 108 加速,和/或通过发电机 132 得到的电力产量增加。通过调节叶片 440 的桨距角(未示出)来调整诱生的叶片升力,其中减小叶片 440 的桨距角会使诱生的叶片升力增大。相反,增大叶片 440 的桨距角会使诱生的叶片升力减小,从而有利于使叶片 440 减速,和/或使通过发电机 132 得到的发电量减小。

[0065] 同样,在运行期间,叶片 440 的旋转会诱生如上所述的声发射的分布 300 的形成,其中分布 300 包括进一步包括介于预定的基准值之上 0dB 和 5dB 之间的声发射幅度的声发射幅度分布 312。大体上,增大叶片 400 的桨距角且由此减小诱生的叶片升力有利于减小声发射的幅度。

[0066] 另外,在运行期间,使用叶片变桨控制系统 200 的技术效果包括如本文所限定的那样调整叶片 440 的桨距角。因此,如本文所述的那样调整桨距角可调整叶片 440 上的诱生的叶片升力。如本文所述的那样调整诱生的叶片升力有效地降低了所产生的声发射或噪声的 dB 水平,同时有利于在预定的范围内产生电功率。

[0067] 同样,在运行期间,处理器 202(在图 2 中示出)接收来自以下装置的多个输入信号(未示出):该装置包括但不限于发电装置(未示出)、转子速度测量装置(未示出)、叶片变桨位置反馈装置 206、叶片方位测量系统 208 和外部传声器 222(均在图 3 中示出)。处理器 202 内的预定的编程与叶片方位测量系统 208 和转子速度测量装置协作,以确定叶片 440 在叶片方位 302 内的位置。此外,处理器 202 内的另外的预定的编程,包括但不限于叶片桨距角补偿曲线 406,与变桨驱动马达 131(在图 2 中示出)和叶片变桨位置反馈装置 206 共同协作,以调整叶片 440 的桨距角,从而调整叶片 440 的面积 126 的暴露于风 124 的比率,且进一步调整转子 108 的旋转速度和/或发电机 132 的发电量。外部传声器 222 接收来自风力涡轮机 100 的声发射,且产生有利于增加或减小应用于叶片 440 的变桨补偿值的调整信号(未示出且在下文会进一步描述)。

[0068] 另外,在运行期间,叶片 440 绕叶片方位 302 沿顺时针方向旋转。叶片变桨控制系统 200 使叶片 440 定位成有利于多个预定的操作参数的预定的桨距角,其包括但不限于发电量的预定范围。当叶片 440 旋转到大约 350° 位置上,且运行通过第一方位范围 410 到达大约 10° 位置时,处理器 202 根据叶片桨距角补偿曲线 406(在图 5 中示出)的第一部分 408 产生基本表示大约 0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。第一部分 408 对应于声发射的分布 312 的第一区域 314 的一部分和区域 316 的一部分,其中声发射的幅度从大约 1dB 增加到大约 3dB。因此,在该示例性实施例中,对于幅度小于大约 3dB 的声发射,系统 200 没有使用正的叶片桨距角补偿,其中,已知通常对给定的预定参数组产生这种幅度,该给定的预定参数组包括但不限于叶尖部分 125 的线速度、风力条件和发电量。

[0069] 如上所述,传声器 222(在图 3 中示出)接收由风力涡轮发电机 100 产生的声发射。传声器 222 随后产生电子信号,且将其传输到处理器 202,其中这样的信号基本表示了这样的声发射的幅度。处理器 202 使用由传声器 222 产生的声发射的信号来产生调整信号,其中,使用这样的信号如本文所述对叶片桨距角补偿值进行调节。作为实例,但不进行限制,对于具有高出阈值的幅度的声发射,叶片桨距角的补偿从 1.4° 增加到 2.0° 。类似地,对于具有低于阈值的幅度的声发射,叶片桨距角的补偿从 1.4° 减小到预定的较低的值。因此,传声器 222 连同处理器 202 一起有利于对风力涡轮发电机 100 产生的声发射的现场实时控制。调整信号的这种使用可如本文所述应用于叶片 440 绕叶片方位 302 运行的整个过程中。

[0070] 同样,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 10° 位置上,且运行通过第二方位范围 414 到达大约 85° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第二部分 412 产生基本表示从大约 0° 变化到大约 $+1.4^{\circ}$ 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角增加 1.4° 时,在叶片 440 上诱生的升力减小,且叶尖部分 125 减速。第二部分 412 对应于声发射的分布 312 的第二区域 316 的一部分和区域 320 的一部分,其中,声发射的幅度从大约 3dB 增加到大约 5dB,而且这样的声发射的幅度基本恒定在大约 5dB 处。因此,在该示例性实施例中,对于阈值幅度值小于大约 3dB 的声发射,系统 200 没有使用叶片桨距角补偿。备

选地,使用使系统 200 能够如本文所述的那样起作用的任何阈值幅度值。可使用以上所述的调整信号。

[0071] 在该示例性实施例中,当叶片桨距角变化另外的 $+1.4^{\circ}$ 时,叶尖部分 125 充分地减速,以有利于声发射幅度降低大约 1.5dB 至 2.0dB 的范围。这种减速还有利减小与叶片 440 相关联的从风到电功率的能量转变,如以上所述,叶片 440 如以上所述与叶片桨距角变化相关联。在该示例性实施例中,由风力涡轮发电机 100 产生的总发电量在叶片桨距角补偿变化期间保持在预定范围中,如本文所述。同样,在该示例性实施例中,处理器 202 编程为作为分级的最高优先级来降低声发射,并且作为分级的较低优先级来产生电功率。备选地,处理器 202 编程为有利于使发电量保持基本接近电功率需求,并且作为分级的较低优先级来降低声发射。

[0072] 另外,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 85° 位置上,且运行通过第三方位范围 418 到达大约 155° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第三部分 416 产生基本表示从大约 $+1.4^{\circ}$ 变化到大约 0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角减小 1.4° 时,在叶片 440 上诱生的升力开始增加,且叶尖部分 125 开始加速。第三部分 416 对应于声发射的分布 312 的第二区域 316、第三区域 318 和第四区域 320 的一部分,其中声发射的幅度基本恒定在大约 5dB 处,且然后这样的声发射的幅度从大约 5dB 减小到大约 3dB。可使用以上所述的调整信号。

[0073] 此外,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 155° 位置上,且运行通过第四方位范围 422 到达大约 180° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第四部分 420 产生基本表示大约 0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。第四部分 420 对应于声发射的分布 312 的第三区域 318 的一部分,其中声发射的幅度从大约 3dB 减小到大约 2dB。可使用以上所述的调整信号。

[0074] 同样,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 180° 位置上,且运行通过第五方位范围 426 到达大约 225° 位置,其中处理器 202 根据叶片桨距角补偿曲线 406 的第五部分 424 产生基本表示从大约 0° 变化到大约 -1.0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角减小 1.0° 时,在叶片 440 上诱生的升力开始增加,且叶尖部分 125 开始加速。第五部分 424 对应于声发射的分布 312 的第五区域 322 和第六区域 324 的至少一部分,其中声发射的幅度从大约 2dB 减小到大约 0dB。可使用以上所述的调整信号。

[0075] 另外,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 225° 位置上,且运行通过第六方位范围 430 到达大约 270° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第六部分 428 产生基本表示从大约 -1.0° 变化到大约 -0.9° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角增加 0.1° 时,在叶片 440 上诱生的升力减小,且叶尖部分 125 减速。第六部分 428 对应于声发射的分布 312 的第六区域 324 的一部分,其中声发射的幅度在大约 0dB 处保持基本恒定,且然后开始增加到 1dB。可使用以上所述的调整信号。

[0076] 同样,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 270° 位置上,且运行通过第七方位范围 434 到达大约 315° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第七部分 432 产生基本表示从大约 -0.9° 变化到大约 -1.0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角减小 0.1° 时,在叶片 440 上诱生的升力增加,且叶尖部分 125 加速。第七部分 432 对应于声发射的分布 312 的第一区域 314 的一部分,其中声发射的幅度从大约 1dB 增加到大约 2dB。

可使用以上所述的调整信号。

[0077] 另外,在运行期间,叶片 440 旋转到大约 315° 位置上,且运行通过第八方位范围 438 到达大约 350° 位置,其中处理器 202 根据曲线 406 的第八部分 436 产生基本表示从大约 -1.0° 变化到大约 0° 的桨距角补偿值的桨距角命令信号。当叶片 440 的桨距角增加 1.0° 时,在叶片 440 上诱生的升力减小,且叶尖部分 125 减速。第八部分 436 对应于声发射的分布 312 的第一区域 314 的一部分,其中声发射的幅度从大约 2dB 减小到大约 1dB 且在大约 1dB 处保持基本恒定。可使用以上所述的调整信号。

[0078] 在该示例性实施中,除了叶片 442 和 444 与叶片 440 有 120° 的相位差之外,用于叶片 442 和 444 的叶片桨距角控制策略、声发射的分布和叶片桨距角补偿值基本类似于与叶片 440 相关联的那些。备选地,各个叶片 442 和 444 具有使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样起作用的独特的一组叶片桨距角控制策略、声发射分布和叶片桨距角补偿值。

[0079] 图 7 是可与风力涡轮发电机 100(在图 3 中示出)一起使用的用于三个叶片 440、442 和 444 的一种示例性叶片桨距角控制策略的图解视图或图表 450。图表 450 包括 y 轴 402 和 x 轴 404,如图 5 所示。同样,图表 450 包括基本表示用于叶片 440 的经编程的叶片桨距角方案的叶片桨距角补偿曲线 406。另外,图表 450 包括基本表示用于叶片 442 的经编程的叶片桨距角方案的叶片桨距角补偿曲线 452。此外,图表 450 包括基本表示用于叶片 444 的经编程的叶片桨距角方案的叶片桨距角补偿曲线 454。

[0080] 在该示例性实施中,除了曲线 452 和 454 与曲线 406 有 120° 的相位差之外,曲线 452 和 454 与曲线 406 基本相似。备选地,各个曲线 406、452 和 454 分别具有使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样起作用的用于叶片 440、442 和 444 的旋转位置的独特的一组叶片变桨补偿值。

[0081] 图 8 是可与风力涡轮发电机 100(在图 3 中示出)一起使用的用于所有的三个叶片 440、442 和 444 的一种示例性叶片桨距角模式的图解视图或图表 500。图表 500 包括纵坐标,或 y 轴 502,其中 y 轴 502 基本表示各个叶片 440、442 和 444 的实际桨距角测量值,且 y 轴 502 被分成从 $+1.5^\circ$ 至 $+4.0^\circ$ 以 0.5° 递增的角度单位,或 $^\circ$ 。图表 500 还包括横坐标,或 x 轴 504,其中 x 轴 504 基本表示叶片方位 302(在图 4 中示出),且 x 轴 504 以与 x 轴 404 的方式基本类似的方式被分成从 0° 至 360° 以 60° 递增的角度单位,或 $^\circ$ (在图 5 中示出)。也就是说,在图 8 中,为了便于观察,与图 4 所示的基本圆形相对,叶片方位 302 基本笔直及竖直地定向。

[0082] 图表 500 基本根据各个叶片 440、442 和 444 绕叶片方位 302 的位置、以各个叶片的实际桨距角测量值彼此互相参照的方式表示了各个叶片 440、442 和 444 其中之一的实际桨距角测量值。图表 500 包括基本表示与叶片 440 相关联的实际叶片位置反馈信号(未示出)的第一叶片桨距角模式曲线 506。特别地,在运行期间,当在大约 10° 至 85° 的方位值之间应用 1.4° 桨距角补偿信号(未示出)时,叶片 440 使其桨距角从在大约 0° 方位处的大约 2.6° 值变化到大约 4° 桨距角值。

[0083] 随后,在运行期间,当桨距角补偿信号在大约 85° 至 155° 的方位值之间从 1.4° 减小到 0° 时,且当桨距角补偿信号在大约 155° 和大约 180° 的方位值之间保持在大约 0° 值时,且当桨距角补偿信号在大约 180° 至大约 255° 的方位值之间进一步减小到大

约 -1.0° 至 -0.9° 的值范围中时,叶片 440 使其桨距角从在大约 85° 方位处的大约 4° 值变成在大约 255° 方位处的大约 1.8° 桨距角值。同样,随后,在运行期间,当桨距角补偿值在大约 180° 至大约 255° 的方位值之间保持在大约 -1.0° 至 -0.9° 的值的范围中时,叶片 440 将桨距角保持在大约 1.7° 至 1.8° 的值的范围内。

[0084] 另外,在运行期间,当桨距角补偿信号在大约 315° 至 350° 的方位值之间从大约 -0.1° 增加到大约 0° 时,叶片 440 使其桨距角从在大约 315° 方位处的大约 1.8° 值改变成在大约 350° 方位处的大约 2.6° 桨距角值。同样,在运行期间,当在大约 350° 至 10° 的方位值之间应用 0° 桨距角补偿信号时,叶片 440 使其桨距角在大约 350° 方位至大约 10° 之间保持在大约 2.6° 值处。在该示例性实施例中,除了曲线 452 和 454 与曲线 406 有 120° 的相位差之外,曲线 452 和 454 与曲线 406 基本相似。

[0085] 图 500 还包括分别基本表示与叶片 442 和 444 相关联的实际叶片位置反馈信号(未示出)的第二叶片桨距角模式曲线 508 和第三叶片桨距角模式曲线 510。在该示例性实施例中,除了曲线 508 和 510 沿各个方向与曲线 506 有 120° 的相位差之外,曲线 508 和 510 与曲线 506 基本相似。备选地,各个曲线 506、508 和 510 分别具有使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样起作用的分别用于叶片 440、442 和 444 的独特的一组叶片桨距角模式。

[0086] 曲线 506、508 和 510 具有与曲线 406、452 和 454(全部在图 7 中示出)相似但不完全相似的形状。此技术效果主要是由于由曲线 406、452 和 454 表示的叶片桨距角补偿信号与其它叶片桨距角命令信号组合,以及由更加缓慢地动作的机电变桨驱动装置提供的平滑作用造成的,这两者均在以上进行了描述。

[0087] 在运行期间,如图 7 和 8 所示出的,例如但不限于,叶片 444 和 442 分别(respectfully)与叶片 440 有 120° 和 240° 的相位差而遵循类似的叶片变桨瞬变。例如,当叶片 440 以大约 1.3° 的叶片变桨补偿值和大约 4.0° 的测得的叶片变桨位置沿着叶片方位 302 运行通过大约 90° 位置时,叶片 442 以大约 -0.8° 的叶片变桨补偿值和大约 2.0° 的测得的叶片变桨位置沿着叶片方位 302 运行通过大约 330° 位置。类似地,叶片 444 以大约 -0.8° 的叶片变桨补偿值和大约 2.2° 的测得的叶片变桨位置沿着叶片方位 302 运行通过大约 120° 位置。总之,对于具有相对较大的桨距角以降低噪声产生的叶片 440、442 和 444 中的至少一个,其它叶片 440、442 和 444 中的至少一个叶片具有相对较小的桨距角,以提高发电量。

[0088] 因此,根据叶片 440、442 和 444 绕叶片方位 302 的位置彼此协作地调整叶片 440、442 和 444 的变桨值,有利于控制转子的旋转速度,且由此控制叶尖部分 125 的线速度,以有利于使声发射的幅度降低 1dB 至 3dB 的范围,包括 2.5dB 的平均总体降低,同时降低减少发电量的可能性,如以下进一步描述的。声发射的这样的降低有利于将风力涡轮发电机 100 产生的声发射保持在当地的规章限制水平以下。

[0089] 图 9 是使用和没有使用可与风力涡轮发电机 100(在图 3 中示出)一起使用的声发射降低的一种示例性发电量分布的图解视图或图表 600。图表 600 包括纵坐标,或 y 轴 602,其中 y 轴 602 基本表示实际发电量测量值,且 y 轴 602 被分成从 0 千瓦至 1500 千瓦以 250 千瓦递增的千瓦(kw)单位。图表 600 还包括横坐标,或 x 轴 604,其中 x 轴 604 基本表示以米/秒(m/s)为单位的的风速,且 x 轴 604 从 0m/s(0mph)至 30m/s(67.1mph)以 5 米/

秒 (11.2mph) 递增而被分成米 / 秒 (m/s) 的单位。

[0090] 图表 600 进一步包括基本表示没有使用叶片变桨控制系统 200 (在图 2 和 3 中示出) 的风力涡轮发电机 100 (在图 1、2、3、4 和 6 中示出) 的发电量的测得的发电量曲线 606。图表 600 还包括基本表示使用了叶片变桨控制系统 200 的风力涡轮发电机 100 的发电量的测得的发电量曲线 608。特别地,在该示例性实施例中,图表 606 和 608 两者均示出了测得的发电量值和风速值的十分钟平均值。

[0091] 在该示例性实施例中,图表 606 和 608 两者均示出了在大约 3 米 / 秒 (6.7mph) 的风速以下无功率产生。同样,图表 606 和 608 两者示出了在大约 3 米 / 秒 (6.7mph) 和 10 米 / 秒 (22.4mph) 的风速之间发电量从大约 0 千瓦至大约 1250 千瓦的基本线性增长。另外,两个图表均示出了随递增的风速而变化的递减的发电量增长率,也就是说,在大约 10 米 / 秒 (22.4mph) 和 13 米 / 秒 (29.1mph) 的风速之间,发电量更加缓慢地从大约 1250 千瓦提高到大约 1500 千瓦。对于大于大约 15 米 / 秒 (33.5mph) 至大约 25 米 / 秒 (55.6mph) 的风速而言,发电量在大约 1500 千瓦处保持基本恒定。备选地,使用使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样运行的用于风力涡轮发电机 100 的任何构成和 / 或模型的任何速度 - 发电量关系。

[0092] 在运行期间,如以上所描述以及图 7 和 8 中所示出的,叶片 440、442 和 444 根据绕叶片方位 302 的位置来调节其相关联的叶片桨距角。在该示例性实施例中,随着多个条件被满足,叶片变桨控制系统 200 (在图 2 和 3 中示出) 自动启动。在该示例性实施例中,第一个条件是所测量的叶片变桨的 10 分钟运行平均值小于大约 5° 至 6° 的范围。备选地,使用使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样运行的用于风力涡轮发电机 100 的任何构成和 / 或模型的测得的叶片变桨值的任何范围。

[0093] 在该示例性实施例中,第二个条件是发电量的十分钟运行平均值处于额定发电量的大约 75% 至 80% 的范围中,也就是说在大约 1125 千瓦至 1200 千瓦的范围中。大约 9.0 米 / 秒 (20.1mph) 至 9.5 米 / 秒 (21.2mph) 的风速范围基本对应于 1125 千瓦至 1200 千瓦的发电量范围。备选地,使用使叶片变桨控制系统 200 能够如本文所述的那样运行的、用于风力涡轮发电机 100 的任何构成和 / 或模型的风速 - 发电量关系。

[0094] 这种叶片变桨和发电参数条件的第一个技术效果包括当发电量的十分钟运行平均值等于或大于 1125 千瓦和 1200 千瓦的范围,以及所测量的叶片变桨的十分钟运行平均值小于大约 5° 至 6° 的范围时,叶片变桨控制系统 200 自动启动。在发电量的十分钟运行平均值下降到 1125 千瓦和 1200 千瓦的范围以下,或者所测量的叶片变桨的十分钟运行平均值等于或大于大约 5° 至 6° 的范围的情况下,叶片变桨控制系统 200 停用。

[0095] 这种叶片变桨和发电参数条件的第二个技术效果包括有利于使风力涡轮机构件载荷和磨损保持在预定参数内。特别地,如本文所述,在使用叶片变桨控制系统 200,或取消使用叶片变桨控制系统 200 的情况下,齿轮箱 136、叶片 112、塔筒 102 和机舱 106 (全部在图 1 中示出) 的操作载荷基本不变。

[0096] 这种叶片变桨和发电参数条件的第三个技术效果包括在对发电量有少量或者没有负面影响的情况下基本同时降低了噪声发射。图 9 示出了彼此紧紧靠近的曲线 606 和 608,其中曲线 606 和 608 基本彼此交迭,但是为了便于观察而示出了少量夸大的间隔。

[0097] 因此,根据叶片 440、442 和 444 绕叶片方位 302 的位置,彼此协作地调整叶片 440、

442 和 444 的变桨值的技术效果包括有利于控制叶尖部分 125 的线速度,以有利于使声发射的幅度降低 1dB 至 3dB 的范围,包括 2.5dB 的平均总体降低,同时降低减小发电量的可能性,且降低加速构件磨损的可能性。

[0098] 在该示例性实施例中,尤其包括叶片变桨控制系统 200 的风力涡轮发电机 100 使用以上所述的参数来操作。备选地,使用使系统 200 和风力涡轮发电机 100 能够如本文所述的那样起作用的操作参数。

[0099] 同样,在该示例性实施例中,通过以电子的方式静态地存储在保持于处理器 202(在图 2 和 3 中示出)内的表中(未示出)的至少一个算法来确定叶片变桨补偿值。备选地,使用编程于处理器 202 内的至少一个算法来动态地确定叶片变桨补偿值。

[0100] 另外,在该示例性实施例中,当如以上所述的那样使用了叶片变桨控制系统 200 时,可使用系统 200 来帮助确定当前风速。特别地,在该示例性实施例中,发电量和风速之间有如图 9 中所示出的预定的关系。因此,对于给定的发电量值,存在对应的风速。在该示例性实施例中,在大约 9 米/秒 (20.1mph) 和 12 米/秒 (26.8mph) 之间确定这种关系。备选地,当使用了系统 200 时,可确定风速的任意值范围。同样,特别地,在该示例性实施例中,对系统 200 来确定风速和叶片桨距角之间的类似关系,从而使得当使用了系统 200 时,对于给定的叶片桨距角,可产生计算出的风速值。另外,特别地,使用叶片桨距角值范围和发电量值范围的任何组合来帮助计算现有的风速。

[0101] 以上所述的系统和方法通过活动地控制叶片变桨来促进风力涡轮发电机的运行。这种方法和系统包括执行叶片变桨控制系统,该叶片变桨控制系统根据叶片沿着方位旋转路径的位置来调整多个风力涡轮机叶片中的各个叶片的桨距角。特别地,调整各个叶片的变桨且由此通过调整各个叶片的暴露于风的截面积来调整叶尖速度的技术效果使所产生的声发射或噪声的 dB 水平降低。同样,特别地,在预定的范围内调整叶片的变桨有利于在叶片变桨瞬变期间在预定范围内产生电功率。另外,特别地,在预定范围内调整叶片的变桨有利于降低构件加速磨损的可能性。

[0102] 以上对用于操作风力涡轮发电机的方法和系统的示例性实施例进行了详细描述。该方法和系统不限于本文所述的特定实施例,相反,可独立地使用系统的构件和/或方法的步骤,并且它们可与本文所述的其它构件和/或步骤分开使用。例如,方法还可结合其它风力涡轮发电机来使用,而且方法不限于仅用本文所述的风力涡轮发电机来实施。相反,可结合许多其它风力涡轮发电机应用来实施和利用示例性实施例。

[0103] 虽然已经关于各种特定实施例对本发明进行了描述,但是本领域技术人员将认识到,可用于权利要求书的精神和范围内的修改来实践本发明。

[0104] 本书面描述使用实例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统,以及执行任何结合的方法。本发明的可授予专利的范围由权利要求书限定,且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果这样的其它实例具有与权利要求书的字面语言没有区别的结构元素,或者如果它们包括与权利要求书的字面语言没有实质性差别的等效结构元素,则这样的其它实例意图处于权利要求书的范围内。

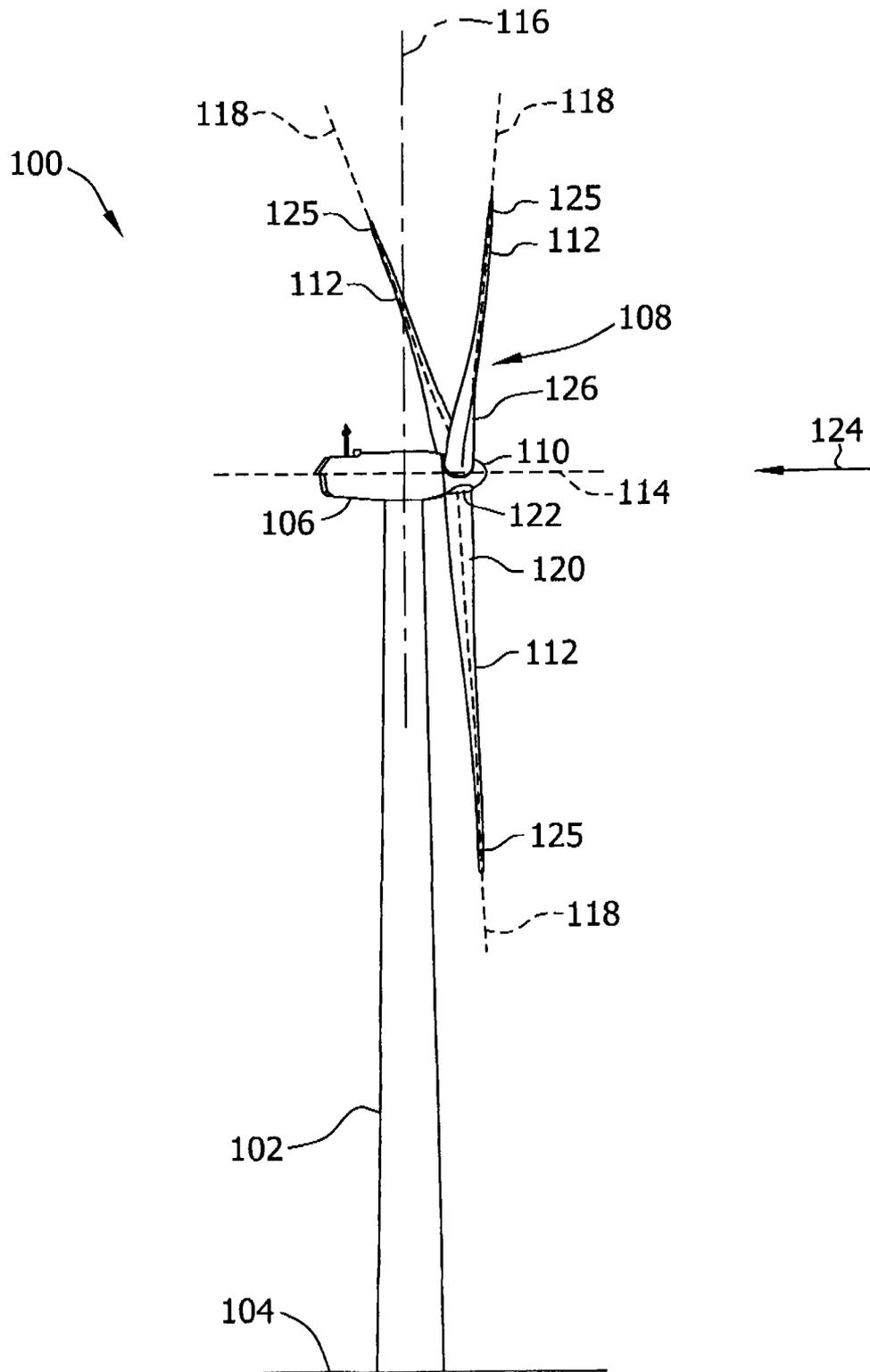


图 1

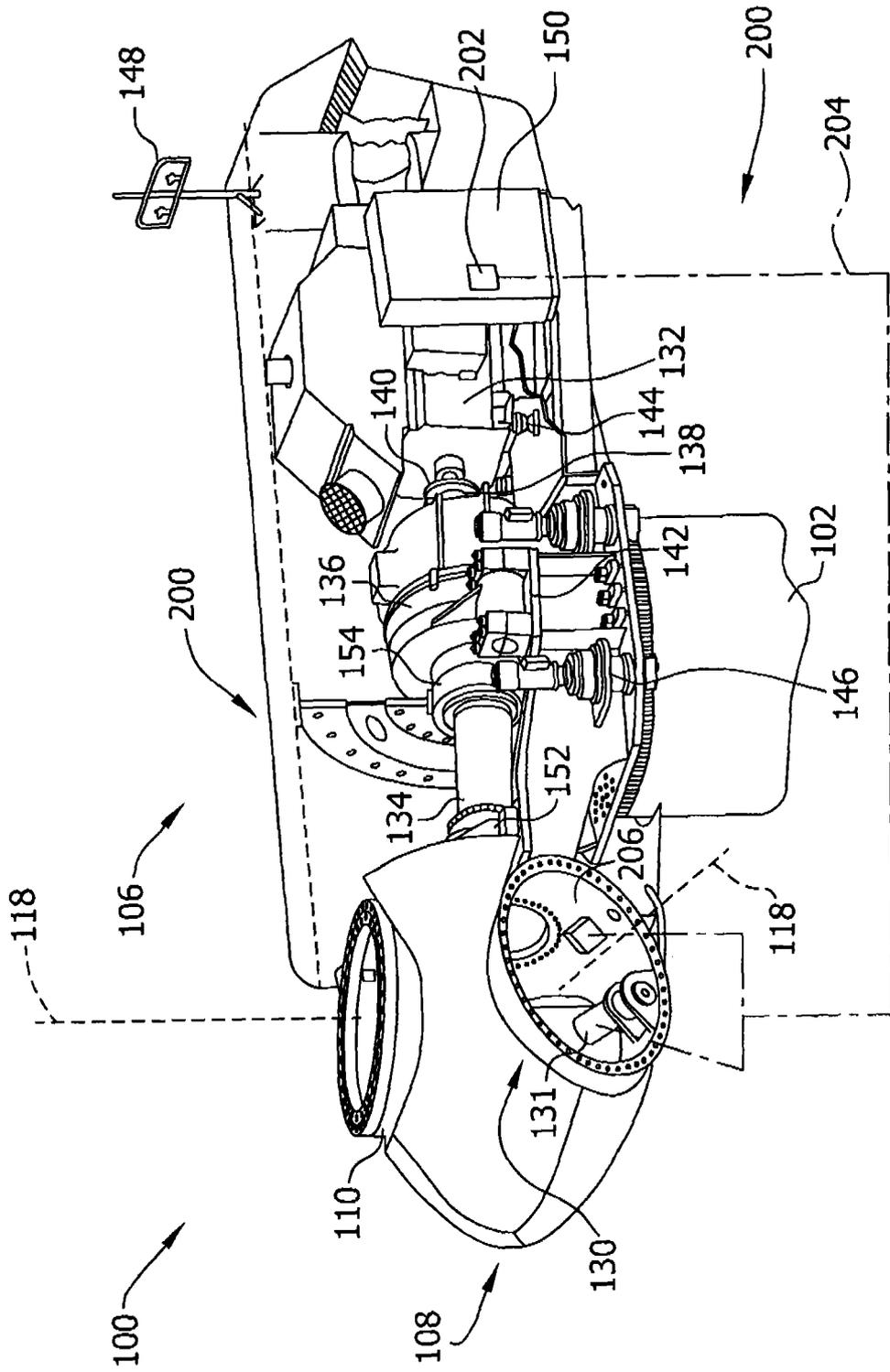


图 2

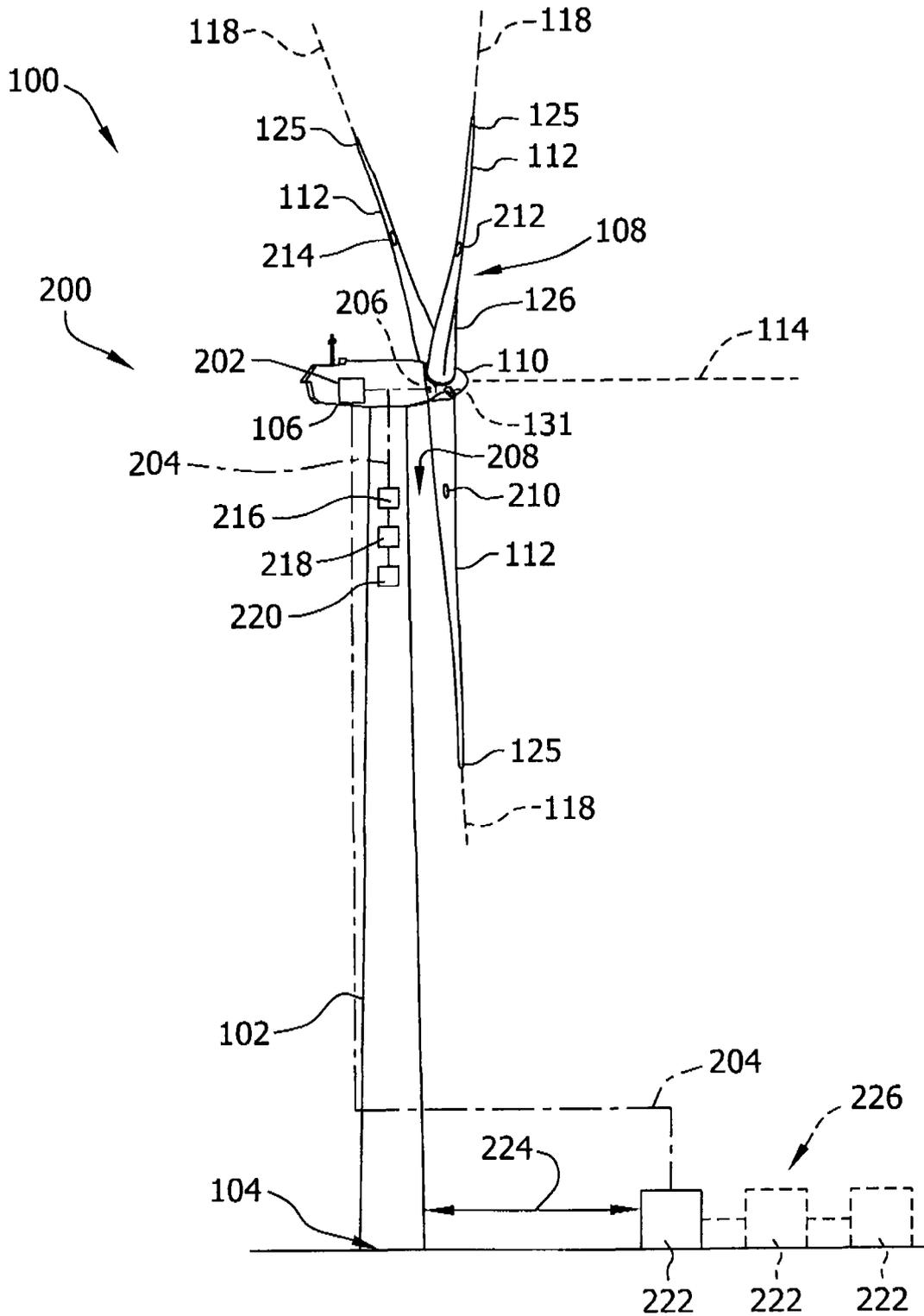


图 3

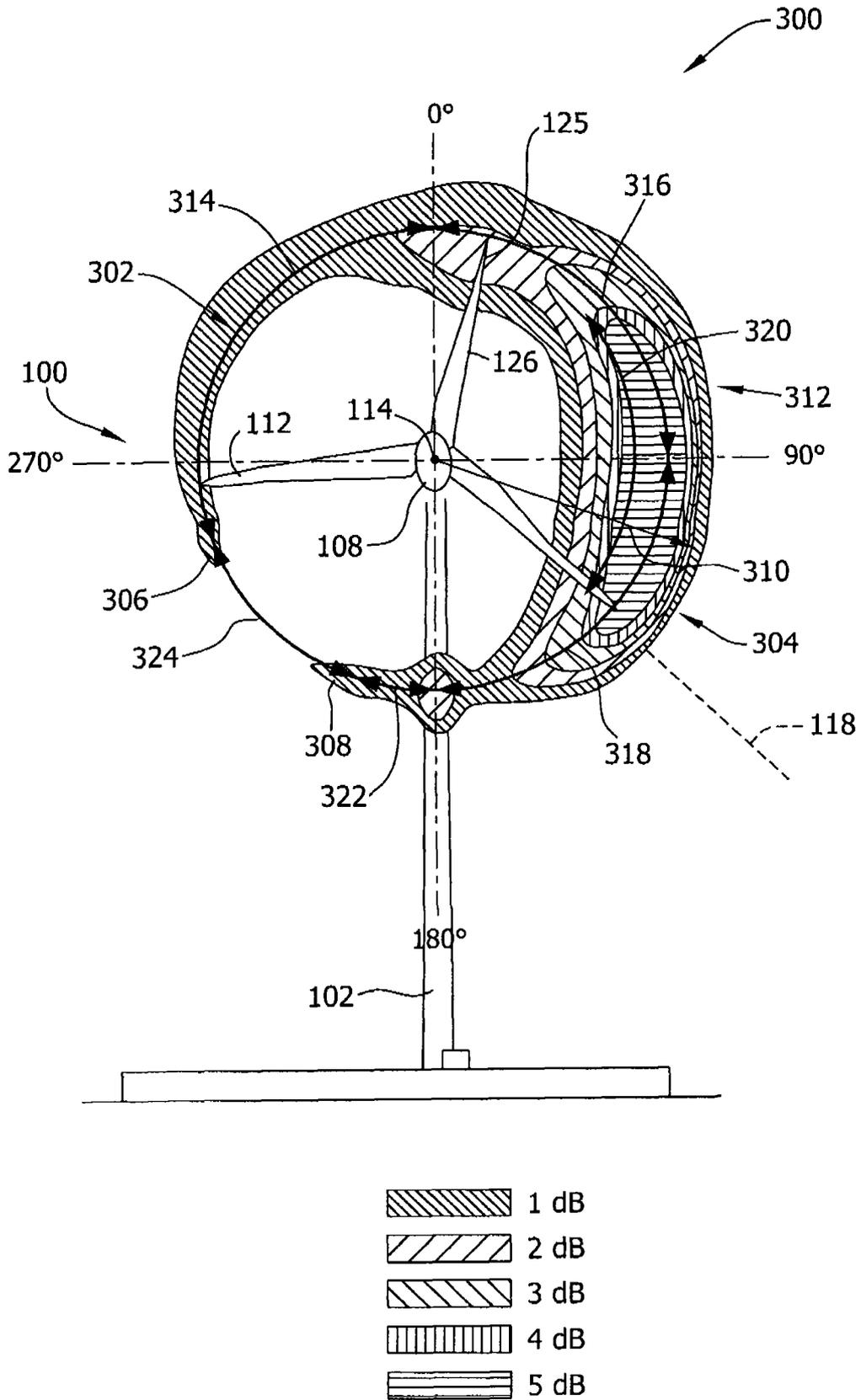


图 4

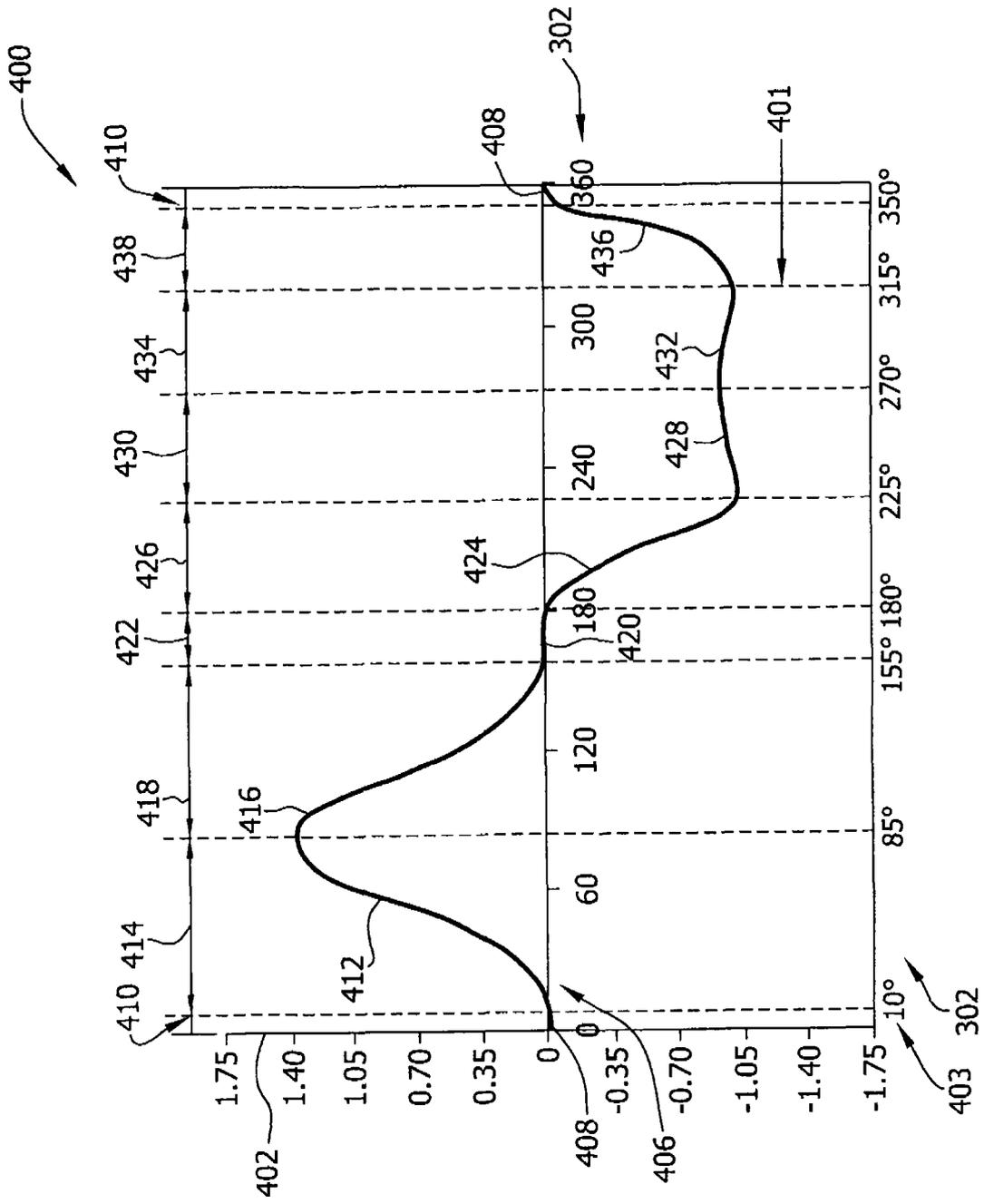


图 5

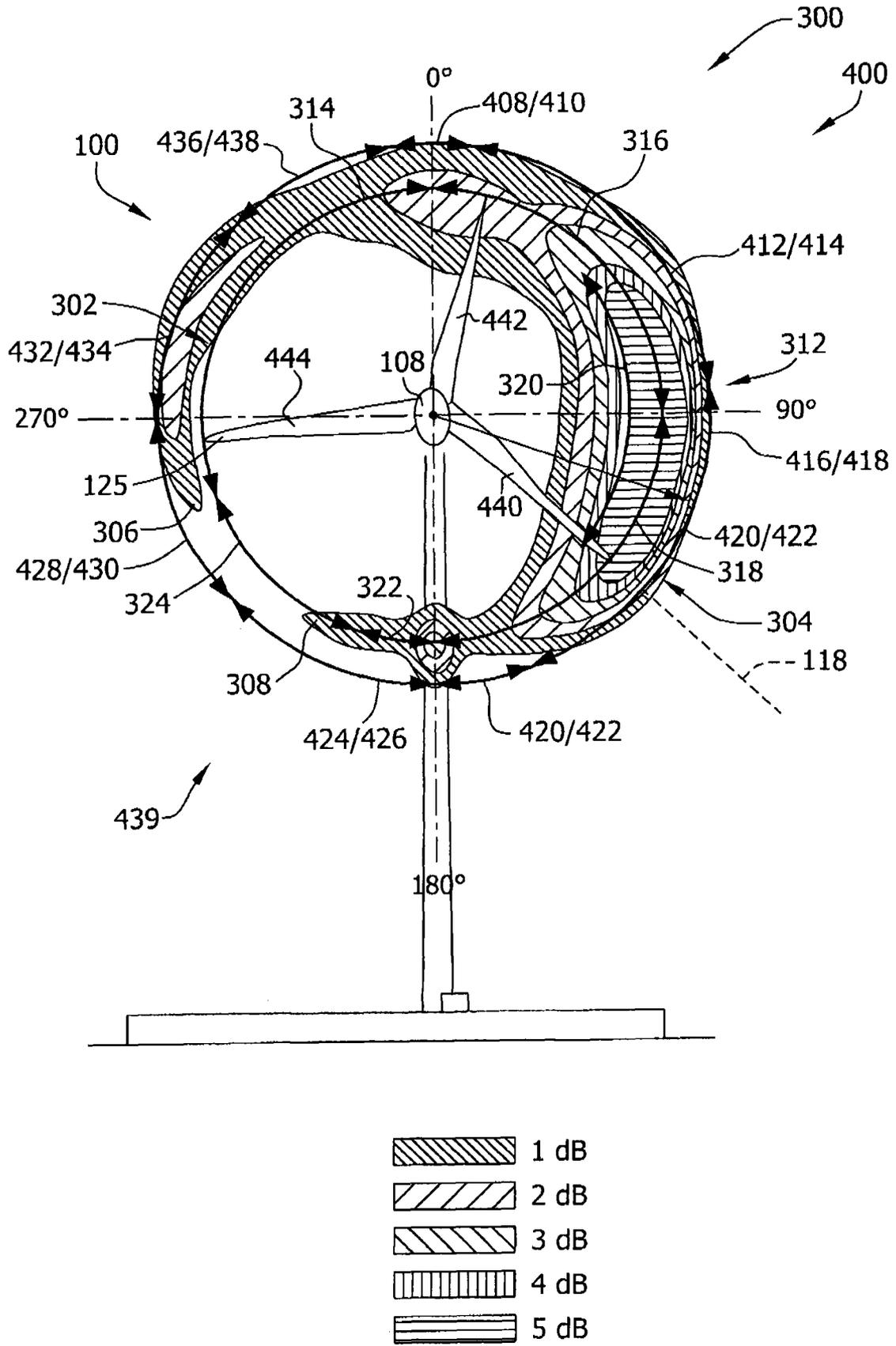


图 6

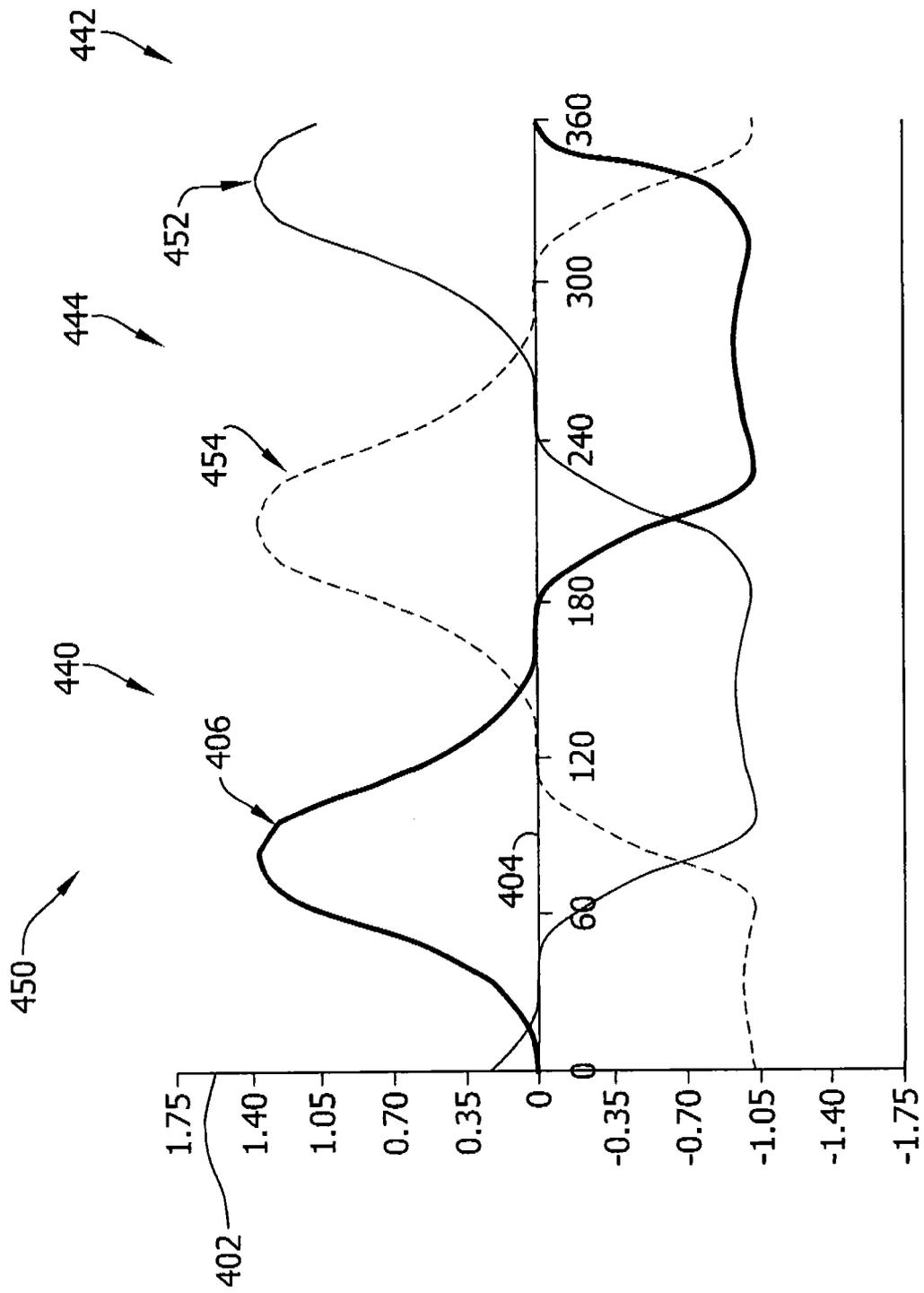


图 7

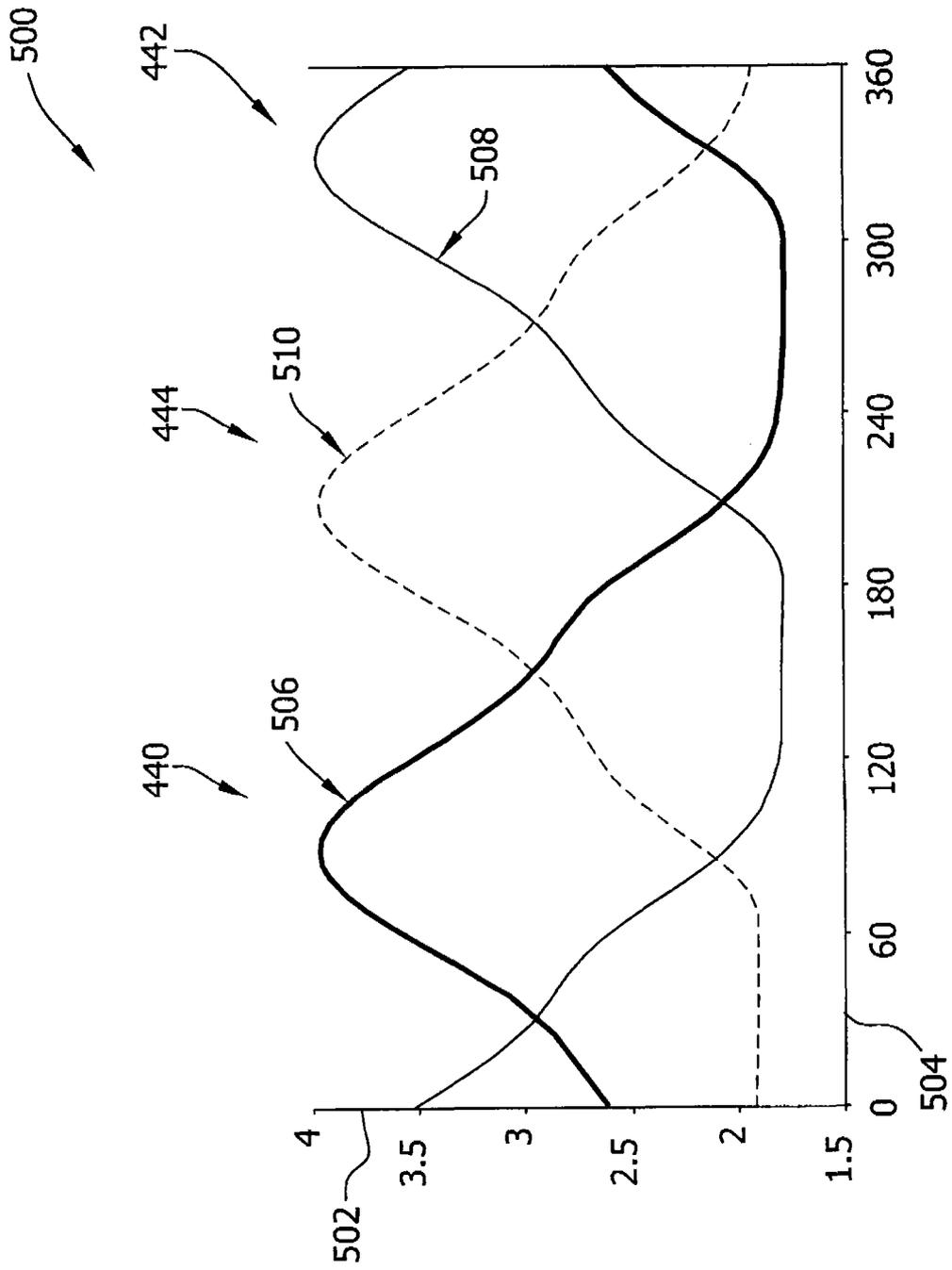


图 8

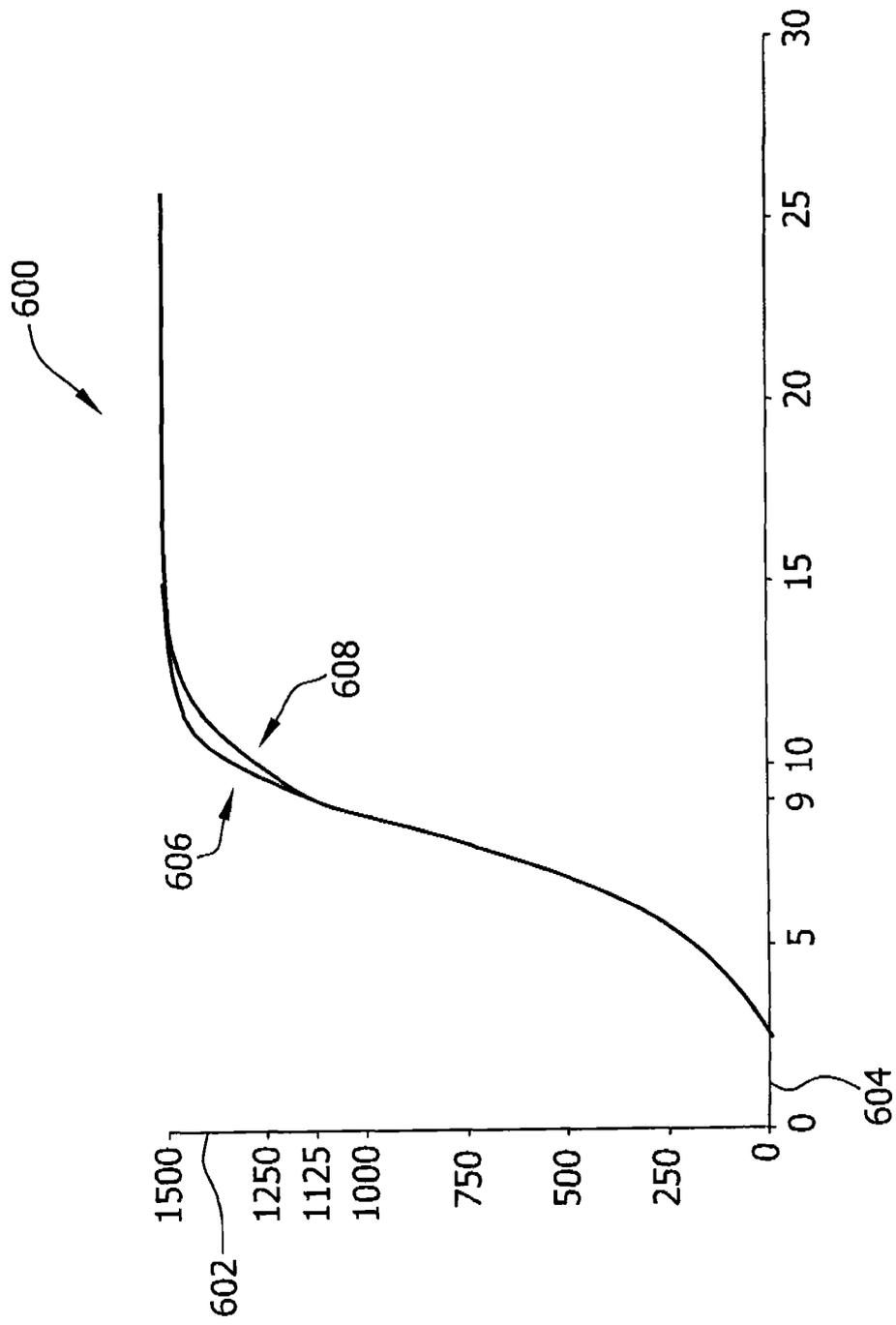


图 9