



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480022745.2

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100385111C

[22] 申请日 2004.9.9

JP2003 - 113769A 2003.4.18

[21] 申请号 200480022745.2

US4656362A 1987.4.7

[30] 优先权

US4339666A 1982.7.13

[32] 2003.9.10 [33] JP [31] 318312/2003

审查员 刘亚妮

[32] 2004.5.13 [33] JP [31] 143642/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2004/013144 2004.9.9

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

[87] 国际公布 WO2005/026537 日 2005.3.24

代理人 樊卫民 郭国清

[85] 进入国家阶段日期 2006.2.8

[73] 专利权人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 井手和成 林义之 柴田昌明

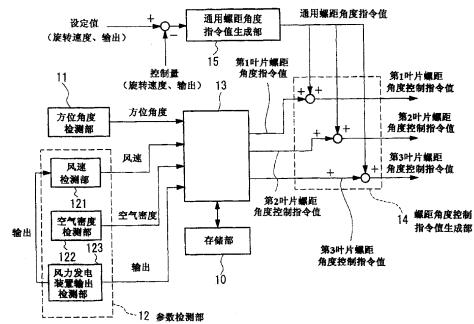
权利要求书 2 页 说明书 25 页 附图 12 页

[54] 发明名称

叶片螺距角度控制装置及风力发电装置

[57] 摘要

一种叶片螺距角度控制装置，具有：存储部(10)，用于使影响叶片负荷变动的预定参数、方位角度以及螺距角度指令值建立关联而予以存储；方位角度检测部(11)，用于检测每个叶片的方位角度；预定参数检测部(12)，用于检测预定参数；指令值获取部(13)，对每个叶片分别从存储部(10)获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值，根据由方位角度检测部(11)检测的每个叶片的方位角度和由预定参数检测部(12)检测的预定参数而选定；和螺距角度控制指令值生成部(14)，根据螺距角度指令值和通用螺距角度指令值，生成用于对叶片的螺距角度进行单独控制的螺距角度控制指令值。



1. 一种叶片螺距角度控制装置，在具有多个叶片的风力发电装置中使用，其中，具有：

存储装置，用于使影响所述叶片负荷变动的预定参数、方位角度以及螺距角度指令值相互建立关联而予以存储；

方位角度检测装置，用于检测所述每个叶片的方位角度；

参数检测装置，用于检测所述预定参数；

指令值获取装置，用于对所述每个叶片，分别从所述存储装置获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值根据由所述方位角度检测装置检测的所述每个叶片的方位角度和由所述参数检测装置检测的预定参数而选定；以及

螺距角度控制指令值生成装置，根据通过所述指令值获取装置获取的所述螺距角度指令值和由所述风力发电装置的输出信息求出的各个叶片通用的通用螺距角度指令值，生成用于对所述叶片的螺距角度单独进行控制的螺距角度控制指令值。

2. 根据权利要求 1 所述的叶片螺距角度控制装置，其中，将存储在所述存储装置中的所述螺距角度控制指令值设定为反映所述风力发电装置设置场所中风切变特性的值。

3. 根据权利要求 1 所述的叶片螺距角度控制装置，其中，

所述规定的参数为风速，

所述参数检测装置为风速推测装置，该风速推测装置具有使风速与所述风力发电装置的输出建立关联的特性图表，并通过从所述特性图表读取与所述风力发电装置的输出对应的风速来推测风速。

4. 根据权利要求 1 所述的叶片螺距角度控制装置，其中，具有：

频率成分提取装置，从所述风力发电装置的发电输出、发电机转速或转子转速中的任意一项提取叶片数量整数倍的频率成分；和

计算装置，根据提取的该频率成分计算用于除去由该频率变动引起的负荷变动的螺距角度，

所述螺距角度控制指令值生成装置将通过所述计算装置计算出的螺距角度反映到所述螺距角度控制指令值中。

5. 一种风力发电装置，具有多个叶片，其中，具有叶片螺距角度控制装置，该叶片螺距角度控制装置具有：

存储装置，用于使影响所述叶片负荷变动的规定参数、方位角度以及螺距角度指令值相互建立关联而予以存储；

方位角度检测装置，用于检测所述每个叶片的方位角度；

参数检测装置，用于检测所述预定参数；

指令值获取装置，用于对所述每个叶片，分别从所述存储装置获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值根据由所述方位角度检测装置检测的所述每个叶片的方位角度和由所述参数检测装置检测的预定参数而选定；以及

螺距角度控制指令值生成装置，根据通过所述指令值获取装置获取的所述螺距角度指令值和由所述风力发电装置的输出信息求出的各个叶片通用的通用螺距角度指令值，生成用于对所述叶片的螺距角度单独进行控制的螺距角度控制指令值。

叶片螺距角度控制装置及风力发电装置

技术领域

本发明涉及风力发电装置，特别涉及控制风车叶片螺距角度的叶片螺距角度控制装置。

背景技术

以往，在风力发电装置中使用的螺旋桨型风车如图 11 的外观图所示，由多个叶片，例如第 1 叶片 1、第 2 叶片 2、第 3 叶片 3 构成的 3 个叶片、作为连接 3 个叶片的连接机构的转子 5 以及塔架 4 等构成。

以往，这种螺旋桨型风车要根据风况控制各个叶片，以便获得预定的发电机转速和输出。

例如，图 12 显示了以往螺距角度控制装置的结构的一个例子。如该图所示，以往的螺距角度控制装置设有通用螺距角度指令值生成部 15，其用于根据发电机转速或输出的设定值与当前控制量之差生成通用螺距角度指令值。然后，执行机构根据由通用螺距角度指令值生成部 15 生成的通用螺距角度指令值，以相同的螺距角度控制各个叶片，由此实现各个叶片螺距角度的控制。

但是，如图 13 (a) 所示，流入风车的风速会受到地形的影响（下面，将受地形影响的风速特性称为“风切变特性”。），另外，如图 13 (b) 所示，还会受到支承风车的塔架的影响（下面，将受塔架影响的风速特性称为“塔架特性”。）。再加上风速在空间上的发散和时间上的发散，如图 13 (c) 所示，在叶片旋转区域中具有不同的风速分布。在这种风速不同的环境下，由于各个叶片的空气动力输出瞬时值是不同的，因此，各个叶片的推力及力矩等均取互不相同的值。结果，会使各个叶片的负荷发生变动，从而缩短叶片的寿命。

针对这一问题，例如，在特表 2001-511497 号公报（专利文献 1）中公开了测量流入各个叶片的风的迎角、负荷，根据这些值对各个叶片进行单独控制的技术。

专利文献 1 特表 2001-511497 号公报

专利文献 2 国际公开第 01/86141 号小册子

在上述专利文献 1 中公开的发明中，根据来自多个传感器的检测值，瞬时算出作用于风力发电装置各部分上的负荷、流入叶片的风的迎角等，并对螺距角度进行控制以减小该瞬时负荷的变动。此处，为了有效减小负荷变动，必须大致实时进行从传感器的检测到反馈控制的一系列处理。

但是，由于上述发明是根据各个检测值并通过计算得出瞬时负荷的，因此，存在处理复杂，难以迅速得出瞬时负荷的问题。另外，这种长时间处理会导致反馈控制延迟，从而降低螺距角度控制的精度。

再者，在上述发明中，必须针对各个叶片设置多个风力传感器及和应变计。但是，由于对这些传感器要求很高的可靠性，需要采用高价传感器，因此，存在成本问题。

并且，对于风速的测量，由于是在叶片的下游设置风速计来测量风速，因此，存在会受到由叶片旋转造成的影响，从而不能正确测量风速的问题。

发明内容

本发明是为解决上述问题作出的，其目的在于提供一种通过提高螺距角度控制的精度来进一步减小在风力发电装置中产生的负荷变动的螺距角度控制装置。

为了解决上述问题，本发明采用了以下装置。

本发明提供了一种叶片螺距角度控制装置，在具有多个叶片的风力发电装置中使用，其中，具有：存储装置，用于使影响上述叶片负荷变动的预定参数、方位角度以及螺距角度指令值相互建立关联而予以存储；方位角度检测装置，用于检测上述每个叶片的方位角度；参数检测装置，用于检测上述预定参数；指令值获取装置，用于对上述每个叶片，分别从上述存储装置获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值根据由上述方位角度检测装置检测的上述每个叶片的方位角度和由上述参数检测装置检测的预定参数而选定；以及螺距角度控制指令值生成装置，根据通过上述指令值获取装置获取的上述螺距角度指令值和由上述风力发电装置的输出信息求出的各个叶片通用的通用螺距角度指令值，生成用于对上述叶片的螺距角度单独进行控制的螺距角度控制指令值。

根据本发明，在存储装置中预先存储考虑了各种影响叶片负荷变动的参数的最佳螺距角度指令值。因此，在进行控制时，指令值获取装置只需从存储装置中读取由各种参数选定的最佳螺距角度指令值，就可获得最适合风车运行状况的最佳螺距角度控制。

这样，由于无需进行一切用于算出叶片的负荷变动的处理等，从各种参数可以马上获得最佳螺距角度指令值，因此，使处理过程简单、迅速。

由此，由于可对螺距角度进行实时控制，因此，能够迅速应对风力发电装置运行状况的动态变动，从而进一步减小负荷变动。结果，可以延长各个叶片的寿命，并获得稳定的发电输出。

螺距角度控制指令值生成装置，使考虑通过指令值获取装置获得

的风车运行状况而求出的最佳螺距角度指令值，反映到为了对风力发电装置的发电输出进行反馈控制而生成的各个叶片通用的螺距角度指令值——通用螺距角度指令值中，并对各个叶片分别生成用于控制各个叶片的螺距角度的螺距角度控制指令值。由此，可以以考虑了风力发电装置的输出变动及运行状况的最佳螺距角度来控制各叶片。

在上面记载的叶片螺距角度控制装置中，优选的是，将存储在上述存储装置中的上述螺距角度控制指令值设定为反映上述风力发电装置设置场所中风切变特性的值。

虽然风速、空气密度、风力发电装置的输出等是时刻动态变动的，但由设置风力发电装置场所的地理条件决定的风切变却是相同的。

这样，存储在存储装置中的信息不仅考虑了动态变动的参数，而且考虑了根据地理条件被同样地决定的风切变等信息，因此，可进行精度非常高的螺距角度的控制。

在上面记载的叶片螺距角度控制装置中，上述规定的参数为风速，上述参数检测装置优选为风速推测装置，该风速推测装置具有使风速与上述风力发电装置的输出建立关联的特性图表，并通过从上述特性图表读取与上述风力发电装置的输出对应的风速来推测风速。

风速是选定螺距角度指令值所必需的重要参数之一。由于能否有效减小负荷变动及输出变动，很大程度上依赖于风速检测的精度，因此，必须以高精度检测风速。

但是，在将风速计设置在风车的下游来测量风速的以往的方法中，会受因叶片旋转造成的影响，从而不能够正确地测量风速。

根据本发明，风速检测装置不是对风速进行物理测量，而是根据

与风速具有密切关系的风力发电装置的输出，通过软件上的简单处理求出风速。由此，不仅可获得非常正确的风速，而且还可降低成本。

此外，代替上述风速推測装置，也可以使用在流入风车之前进行风速测量的风速计（例如，激光多普勒风速计）。由此，由于不受叶片下游的影响，因此，可获得高精度的风速。

在使用激光多普勒风速计的情况下，可以设置使示踪粒子从风车的上游侧向风车流动的装置。或者，也可将在流入风车的空气中混入的尘埃、水蒸汽作为示踪物，从尘埃或水蒸汽获得散射光并通过激光多普勒进行测量。在这种情况下，不必另外设置使示踪粒子流动的装置。

优选的是，上面记载的叶片螺距角度控制装置具有：频率成分提取装置，从上述风力发电装置的发电输出、发电机转速或转子转速中的任意一项提取叶片数量整数倍的频率成分；和计算装置，根据提取的该频率成分计算用于除去由该频率变动引起的负荷变动的螺距角度，上述螺距角度控制指令值生成装置将通过上述计算装置计算出的螺距角度反映到上述螺距角度控制指令值中。

虽然考虑风速等各种参数的变动而求出螺距角度控制值，但是，由于因误差及因反馈控制造成的时间延迟等，难以完全除去负荷变动、发电输出变动。

另一方面，由于输出变动显著出现在与叶片数量相应的频带中。因此，可以通过求出用于除去这种显著出现的输出变动的螺距角度，将其反映到螺距角度控制指令值中，而进一步减小输出变动。

即，在使用定速风车的风力发电装置中，频率成分提取装置从风力发电装置的输出中提取叶片整数倍的频率成分。另一方面，在使用

变速风车的风力发电装置中，频率成分提取装置从发电机转速或者转子转速中提取叶片整数倍的频率成分。

计算装置例如通过规定算法，对由频率成分提取装置提取的频率成分进行计算，从而计算出频率区域的变动螺距角度，再对该变动螺距角度进行逆频率解析以得出时间区域的变动螺距角度。

其结果，所获得的变动螺距角度成为用于除去显著负荷变动的螺距角度。

之后，螺距角度控制指令值生成装置将用于除去这种显著输出变动的螺距角度反映到螺距角度控制指令值中。

由此，由于能够准确除去显著出现的发电输出变动，因此，能够获得更稳定的发电输出。

本发明提供一种风力发电装置，具有多个叶片，其中，具有叶片螺距角度控制装置，该叶片螺距角度控制装置具有：存储装置，用于使影响上述叶片负荷变动的规定参数、方位角度以及螺距角度指令值相互建立关联而予以存储；方位角度检测装置，用于检测上述每个叶片的方位角度；参数检测装置，用于检测上述预定参数；指令值获取装置，用于对上述每个叶片，分别从上述存储装置获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值根据由上述方位角度检测装置检测的上述每个叶片的方位角度和由上述参数检测装置检测的预定参数而选定；以及螺距角度控制指令值生成装置，根据通过上述指令值获取装置获取的上述螺距角度指令值和由上述风力发电装置的输出信息求出的各个叶片通用的通用螺距角度指令值，生成用于对上述叶片的螺距角度单独进行控制的螺距角度控制指令值。

本发明提供了一种叶片螺距角度控制装置，在具有多个叶片的风

力发电装置中使用，其中具有：负荷测量装置，用于以规定的方位角度测量上述叶片或构成风车的机械零件上的负荷；调整螺距角度指令值生成装置，对上述每个叶片分别生成用于减小由上述负荷测量装置测量的负荷的调整螺距角度指令值；以及螺距角度控制指令值生成装置，将对上述每个叶片生成的上述调整螺距角度指令值反映到用于对上述叶片进行相同控制的通用螺距角度指令值中，从而对上述每个叶片生成螺距角度控制指令值。

由于负荷测量装置不是按规定的时间间隔，而是以规定的方位角度测量负荷，因此，不仅适用于定速风车，也适用于通过运行状况改变叶片的旋转速度的变速风车。

调整螺距角度指令值生成装置，例如对每个叶片计算用于减小由上述负荷测量装置测量的负荷的最佳螺距角度，并生成调整螺距角度指令值。之后，螺距角度控制指令值生成装置通过将该调整螺距角度指令值反映到控制叶片螺距角度的螺距角度控制指令值，而能够减小负荷的变动。

本发明提供了一种螺距角度控制装置，在具有多个叶片的风力发电装置中使用，其中具有：负荷测量装置，用于以规定的方位角度分别测量作用于上述叶片或构成风车的机械零件上的负荷；计算装置，根据由上述负荷测量装置测量的测量值求出上述负荷周期性变动；调整螺距角度指令值生成装置，根据上述计算装置的计算结果对上述每个叶片分别生成用于减小负荷变动的调整螺距角度指令值；以及螺距角度控制指令值生成装置，将对上述每个叶片生成的上述调整螺距角度指令值反映到用于对上述叶片进行相同控制的通用螺距角度指令值中，从而对上述每个叶片生成螺距角度控制指令值。

发明人着眼于叶片的负荷变动会周期性显著出现这一点。因此，作为在转子旋转一圈的过程中检测负荷如何变动的装置，设置负荷测

量装置及计算装置。

负荷测量装置以规定的方位角度对作用于各个叶片上的负荷进行测量。这样，由于不是按规定的时间间隔，而是按规定的方位角度测量负荷，因此，也适用于叶片旋转速度变化的变速风车。

计算装置确保规定周期的量（例如，旋转1圈）的由负荷测量装置测量的各方位角度的测量值，并根据这些测量值求出负荷的特性。由此，可知道在各个叶片中出现哪种负荷变动。

并且，调整螺距角度指令值生成装置求出用于除去该负荷变动的螺距角度调整指令值，螺距角度控制指令值生成装置将该调整螺距角度指令值反映到各个叶片螺距角度的控制中。由此，可减小周期性显著出现的负荷变动。

这样，由于着眼于周期性出现的负荷变动并减小了该负荷变动，因此，与减小瞬时出现的负荷变动的以往的螺距角度控制相比，可以通过非常简单的处理，更有效地减小负荷变动。由此，可将各个叶片控制在最佳的螺距角度，从而延长了叶片及构成风车的机械零件的寿命。

此外，在本发明中，虽然由于在至少确保一个周期的测量值之后，根据这些测量值进行反馈控制会产生时间延迟，但是，由于本发明着眼的负荷变动是在几乎相同方位角度中周期性出现的，因此，即使存在由反馈引起的时间延迟，仍能以高精度除去负荷变动。

在上面记载的叶片螺距角度控制装置中，优选的是，上述负荷测量装置具有：方位角度测量装置，以规定时间间隔测量各个叶片的方位角度；触发发生装置，在测量结果与规定的方位角度一致时产生触发信号；以及测量装置，根据上述触发信号测量负荷。

这样，可以由众所周知的常用机构构成负荷测量装置，从而能低价且简单地实现负荷测量装置。

上述测量装置可以使用应变计，测力计、光纤传感器等。

在上面记载的叶片螺距角度控制装置中，优选的是，上述负荷测量装置具有在方位角度到达预定角度时产生触发的编码器、和根据上述触发测量负荷的测量装置。

编码器和测量装置为众所周知的机构。这样，由于负荷测量装置由众所周知的机构构成，因此，能够低价且简单地实现负荷测量装置。

上述测量装置可以使用应变计，测力计、光纤传感器等。

本发明提供一种叶片螺距角度控制装置，在具有多个叶片的风力发电装置中使用，其中具有：加速度测量装置，用于以规定的方位角度测量上述叶片或构成风车的机械零件的加速度；调整螺距角度指令值生成装置，对上述每个叶片分别生成用于降低由上述加速度测量装置测量的加速度的调整螺距角度指令值；以及螺距角度控制指令值生成装置，将对上述每个叶片生成的上述调整螺距角度指令值反映到用于对上述叶片进行相同控制的通用螺距角度指令值中，从而对上述每个叶片生成螺距角度控制指令值。

调整螺距角度指令值生成装置，例如可对每个叶片计算出用于降低由加速度测量装置测量的加速度的最佳螺距角度，并生成调整螺距角度指令值。之后，螺距角度控制指令值生成装置将该调整螺距角度指令值反映到对叶片螺距角度进行控制的螺距角度控制指令值中，从而降低加速度。

而且，由于加速度与负荷变动具有关联关系，因此，可通过降低加速度来减小负荷的变动。

本发明提供一种风力发电装置，具有多个叶片，其中，具有叶片螺距角度控制装置，该叶片螺距角度控制装置具有：负荷测量装置，用于以规定的方位角度测量上述叶片或构成风车的机械零件上的负荷；调整螺距角度指令值生成装置，对上述每个叶片分别生成用于减小由上述负荷测量装置测量的负荷的调整螺距角度指令值；以及螺距角度控制指令值生成装置，将对上述每个叶片生成的上述调整螺距角度指令值反映到用于对上述叶片进行相同控制的通用螺距角度指令值中，从而对上述每个叶片生成螺距角度控制指令值。

由于设有这种叶片螺距角度控制装置，因此，能够控制各个叶片达到最佳螺距角度，从而能够实现叶片及构成风车的机械零件寿命较长的风力发电装置。

附图说明

图 1 为框图，其显示了本发明第一实施方式的叶片螺距角度控制装置的结构。

图 2 为用于说明方位角度的视图。

图 3 显示了使风速与风力发电装置的输出建立关联的特性图表的一个例子。

图 4 显示了恒速风（风速在时间上、平面上相同）下的特性图表的一个例子。

图 5 显示了在改变风速时，用于消除由倾角造成的影响的螺距角度修正值以及反映了该修正值的特性图表的一个例子。

图 6 显示了在改变风速时，用于消除由风向偏差产生的影响的螺距角度修正值以及反映该修正值的特性图表的一个例子。

图 7 显示了在空气密度为变量时的特性图表的一个例子。

图 8 显示了在风力发电装置的输出为变量时的特性图表的一个例

子。

图 9 显示了适用于使用定速风车时的输出变动除去装置的结构。

图 10 显示了本发明第二实施方式的叶片螺距角度控制装置结构的框图。

图 11 显示了在风力发电装置中使用的螺旋桨型风车的外观图。

图 12 为框图，其显示了使用现有技术的叶片螺距角度控制装置的结构的一个例子。

图 13 为用于说明风切变特性、塔架特性以及风速分布的视图。

具体实施方式

下面，参照附图，以第一实施方式、第二实施方式的顺序对本发明的实施方式进行说明。

第一实施方式

图 1 为框图，其显示了适用于使用了定速风车的风力发电装置的叶片螺距角度控制装置的结构。

如图 1 所示，本实施方式的叶片螺距角度控制装置设有存储部（存储装置）10、方位角度检测部（方位角度检测装置）11、参数检测部（参数检测装置）12、指令值获取部（指令值取得装置）13、螺距角度控制指令值生成部（螺距角度控制指令值生成装置）14、以及通用螺距角度指令值生成部（通用螺距角度指令值生成装置）15。

在存储部 10 中，建立关联地存储有风速、温度、上述风力发电装置的输出等影响叶片负荷变动的规定参数、方位角度以及螺距角度指令值。

此处，如图 2 所示，方位角度是指与风车的垂直方向所成的交角，当叶片位于风车的最上部时，该方位角度为 0°，在位于最下部时，该方位角度为 180°。另外，对于存储在存储部 10 中内容的详细情况将在

后面叙述。

方位角度检测部 11 以规定间隔，分别检测各叶片的方位角度，并将它们输出到指令值获取部 13。例如，可以通过设置在转动轴中的旋转编码器的输出求出方位角度。

参数检测部 12 设有用于检测风速的风速检测部(风速检测装置)121、检测空气密度的空气密度检测部 122、以及检测风力发电装置输出的风力发电装置输出检测部 123。

风速检测部 121 在内部设有使风速与风力发电装置的输出建立关联的特性图表（参见图 3）。风速检测部 121 以规定间隔、从风力发电装置输出检测部 123 获得风力发电装置的输出，并从特性图表读出与所获得的输出对应的风速，从而推测出风速，并将推测的风速输出到指令值获取部 13。另外，代替这种推测风速的方法，也可以在风流入风车之前使用测量风速的风速计（例如，激光多普勒风速计）。这样，由于不受叶片的下游的影响，可获得高精度的风速。

在使用激光多普勒风速计的情况下，可以设置使示踪粒子从风车的上游侧向风车流动的装置。或者，也可将在流入风车的空气中混入的尘埃和水蒸汽用作示踪物，获得来自尘埃或水蒸汽的散射光并通过激光多普勒进行测量。在这种情况下，不必另外设置使示踪粒子流动的装置。

空气密度检测部 122 按规定间隔检测气温、气压，并根据空气密度、气温、气压的特性由该检测值求出空气密度。这是因为空气密度由气温及气压唯一确定。例如，空气密度检测部 122 具有使气温、气压及空气密度预先建立关联的映射，从映射中获得通过气温、气压的测量值选定的空气密度，从而求出空气密度。或者可以具有气温、气压及空气密度的关系式，并通过将气温及气压的测量值代入关系式中，

算出空气密度。

指令值获取部 13 从存储部 10 获取螺距角度指令值，该螺距角度指令值，根据从上述方位角度检测部 11 输入的各个叶片的方位角度和从参数检测部 12 输入的各种参数（例如，风速、空气密度、发电输出等）而选定，并将获得的各叶片的螺距角度指令值，即第 1 叶片螺距角度指令值、第 2 叶片螺距角度指令值、第 3 叶片螺距角度指令值分别输出到螺距角度控制指令值生成部 14。

由发电机转速（发电输出信息）或发电输出（发电输出信息）的设定值与当前控制量之间的差，通用螺距角度指令值生成部 15 计算出用于共同控制第 1～第 3 三个叶片的螺距角度的通用螺距角度指令值，以使风力发电装置的发电输出与额定输出（设定值）一致，并将该通用螺距角度指令值输出到螺距角度控制指令值生成部 14。例如，通用螺距角度指令值生成部 15 可以由众所周知的 PID 控制系统构成。

根据分别从指令值获取部 13 输入的针对各个叶片的各螺距角度指令值以及从通用螺距角度指令值生成部 15 输入的通用螺距角度指令值，螺距角度控制指令值生成部 14 生成用于单独控制各个叶片的螺距角度的螺距角度控制指令值。具体地说，通过将各螺距角度指令值与通用螺距角度指令值相加，生成各叶片的螺距角度控制指令值。之后，将对应各个叶片分别获得的螺距角度控制指令值输出到作为控制各个叶片的螺距角度的机构的执行机构。执行机构为安装在各个叶片中的油压缸或电动马达，其是众所周知的装置。

下面，对存储在存储部 10 中的内容进行详细说明。

首先，将风速、空气密度、风力发电装置的输出等作为参数，将这些参数设定为各种值，通过计算机模拟，求出各种测试模式中的最佳螺距角度。

例如，作为一种测试模式，设定风速 A(m/s)、空气密度 B(g/m³)、发电输出 C(kW)，采集在这种条件下改变螺距角度时的变动负荷的数据。

接着，分析该数据结果，选择获得最小变动负荷时的螺距角度，制作使选择的螺距角度与方位角度对应的特性图表。

通过改变上述各个参数(风速 A(m/s)、空气密度 B(g/m³)、发电输出 C(kW))的值并反复进行上述工作，从而制作出各种环境下的特性图表。之后，使这些特性图表与测试模式中各个参数的设定值(风速、空气密度、发电输出等设定值)建立对应并将它们写入存储部 10 中。

这样，通过决定参数值，能够获得在该环境下最合适的螺距角度。

此外，在进行上述模拟时，通过预先设定风切变特性或塔架特性(参见图 13(a) 及图 13(b))作为固定值，从而可以获得更合适的螺距角度。

例如，虽然上述风速等参数是时刻动态变动的，但是风切变特性或塔架特性却是由设置该风车的场所、风车的结构决定不变的。因此，在考虑了这些特性之后，通过进行模拟，能够获得对该风车特定的最佳螺距角度，从而可以进行更高精度的叶片螺距角度的控制。

下面，举例说明上述特性图表的具体形式。

首先，在图 4 中显示了恒速风(风速在时间上、平面上相同)下的特性图表。如该图所示，特性图表的横轴为方位角度(度)，纵轴为螺距角度(度)，并且，形成余弦波(Cosine wave)，在方位角度

0°上取最大螺距角度（例如 1°）而在方位角度 180°上取最小螺距角度（例如，-1°）。当然，该图中的角度意味着相对值。

其原因在于：在叶片接受的风速达到最大的方位角度 0°的位置上，为了降低空气动力性能必须增大螺距角度，而在叶片接受的风速达到最小的方位角度 180°的位置上，为了提高空气性能必须减小螺距角度。

通过上述模拟获得的各种环境下的特性图表也与图 4 所示的特性图表基本形状大体相同，但振幅、相位不同。

例如，在将空气密度、风力发电装置的发电输出作为固定值而仅改变风速的情况下，风速越大，对叶片负荷变动的影响就越大（负荷与风速的平方成正比）。

因此，在改变风速时，风速越大，图 4 中所示的余弦波的振幅就越大。

下面，为了确保间隙以使叶片不与塔架碰撞，风车的叶片本来具有称为倾角（一般为 5°左右）的向上的角。受该倾角的影响，流入风车的风通常为上扬风。

在风速较小的情况下，由于上述风速自身的影响很小，因此，可以不考虑，但随着风速的上升，该倾角的影响也加大。用于消除所述倾角对风的影响的螺距角度修正值显示了图 5 所示的特性。

在图 5 中，线 A 为图 4 所示的基本螺距角度的波形，线 B 为用于消除由倾角产生的影响的修正值的波形，线 C 为将线 B 的修正值加到线 A 的波形上的螺距角度指令值的波形。

这样，在模拟中，在使风速上升时所获得的特性图表考虑了受上

述倾角影响的上扬风，因此，与图 4 所示的特性相比，不仅振幅不同，而且相位也不同。

另外，风向对叶片的负荷变动也有影响。

例如，从风车位置面朝向风上侧时，如果风从左侧吹入，则在方位角度 0° 上所接受的风的影响会增加，在方位角度 180° 上所接受的风的影响降低。

因此，用于消除由所述风向偏差所产生的影响的螺距角度修正值显示了图 6 中所示的特性。

在图 6 中，线 A 为图 4 所示的基本螺距角度的波形，线 B 为用于消除由风向偏差产生的影响的修正值的波形，线 C 为将线 B 的修正值加到线 A 的波形上的螺距角度指令值的波形。

这样，在模拟中，改变风向时所获得的特性图表是增减图 4 所示的基本螺距角度振幅的图表。

此外，将风速、风力发电装置的发电输出作为固定值，在只改变空气密度的情况下，空气密度越大，叶片负荷变动的影响也就越大。因此，在模拟中，在改变空气密度的情况下，能够空气密度越大图 4 所示特性的振幅也就越大的特性图表。图 7 显示了将空气密度作为变量时的特性图表。在图 7 中，线 A 为空气密度较大时的螺距角度指令值的波形，线 B 为空气密度小时的螺距角度指令值的波形。

接着，在使风速、空气密度定为固定值，仅改变风力发电装置的输出时，如果输出大于设定值（要求输出），则作用于叶片上的空气力比按要求输出值运行时大，另外，还会作用较大的变动空气力负荷。因此，在输出大于要求输出的情况下，能够获得加大了图 4 所示的基

本螺距角度的振幅的特性图表。图 8 显示了将风力发电装置的输出作为变量时的特性图表。在图 8 中，线 A 为输出较大时的螺距角度指令值的波形，线 B 为输出较小时的螺距角度指令值的波形。

下面，对上述本实施方式的叶片螺距角度控制装置的作用进行说明。

首先，若指令值获取部 13 从方位角度检测部 11 获取方位角度、从参数检测部 12 获取风速、空气密度、发电装置输出，则从存储部 10 获得根据取得的风速、空气密度、发电装置输出选定的特性图表。

之后，在获得的特性图表中，获得与从方位角度检测部 11 输入的各叶片方位角度对应的螺距角度指令值。

由此，能够获得分别与第 1、第 2、第 3 叶片对应的螺距角度指令值。

指令值获取部 13 将以此方式取得的螺距角度指令值输出到螺距角度控制指令值生成部 14。

螺距角度控制指令值生成部 14 通过将从指令值获取部 13 输入的螺距角度指令值与从通用螺距角度指令值生成部 15 输入的基于风力发电装置发电输出的通用螺距角度指令值相加，从而生成与各个叶片对应的螺距角度控制指令值，并将这些螺距角度控制指令值输出到对应各个叶片设置的执行机构。

由此，能够将各个叶片的螺距角度控制为最适合各个时刻风力发电装置运行状况的角度。

另外，如果在存储部 10 中未存储与从参数检测部 12 输入的参数

值完全一致的特性图表，则可以选定与这些参数值最相近的特性图表。或者，也可以读取多个相近的特性图表并插补这些特性，从而求出螺距角度指令值。

上面，对适用于使用了定速风车的风力发电装置的叶片螺距角度控制装置进行说明。本发明的叶片螺距角度控制装置也可用于使用了变速风车的风力发电装置。

下面，对适用于使用了变速风车的风力发电装置的叶片螺距角度控制装置进行说明。

在使用变速风车的情况下，根据风力发电装置的输出控制转子的转速。通过改变旋转速度（转速），各个叶片的负荷变动也会变化。因此，在使用变速风车的情况下，作为上述参数，必须也考虑转子的转速。具体地说，在图 1 所示的叶片螺距角度控制装置的结构中，作为输入指令值获取部 13 的参数，要加上转子转速，并且在存储部 10 中存储也考虑了转子转速的特性图表。

之后，指令值获取部 13 从存储部 10 获取根据输入的风速、空气密度、发电装置输出、转子转速而选定的特性图表。在取得的特性图表中，获取与从方位角度检测部 11 输入的各个叶片方位角度对应的螺距角度指令值。之后，将这些螺距角度指令值分别输出到螺距角度控制指令值生成部 14。之后的处理与上述第一实施方式相同。

虽然通过上述叶片螺距角度控制装置可以极度减小在叶片中产生的负荷变动，但依然会产生一些输出变动。该输出变动显著出现在与叶片数量相应的频带中。因此，可以通过求出用于除去这种显著出现的输出变动的螺距角度，并将其反映到叶片螺距角度控制指令值中，以此进一步减小输出变动。

因此，在本实施方式中，在图 1 所示的叶片螺距角度控制装置中追加了具有以下功能的输出变动除去装置。

图 9 显示了使用定速风车时适用的输出变动除去装置的结构。

如图 9 所示，输出变动除去装置设有频率解析部（频率成分提取装置）21、控制算法部（计算装置）22，逆频率解析部（计算装置）23 以及计算部 24。

频率解析部 21 从风力发电装置的输出中提取与叶片数量整数倍相当的频率成分，并且输出提取的频率成分。例如，在使用具有 3 个叶片的风车时，抽出 $3N$ 成分 ($N=$ 整数)。

控制算法部 22 可以将从频率解析部 21 输出的频率成分和通过图 1 所示的方位角度检测部 11 检测的方位角度作为输入信号而得到，并根据规定算法对这些信息进行计算，由此，计算出频率区域的变动螺距角度 $\Delta \theta (\omega)$ 并将其输出。

逆频率解析部 23 可以将通过控制算法部 22 计算的变动螺距角度 $\Delta \theta (\omega)$ 作为输入信号而得到，并对其进行逆频率解析以计算出时间区域的变动螺距角度 $\Delta \theta (t)$ 并输出。

计算部 24 可以将通过逆频率分析部 23 计算的时间区域的变动螺距角度 $\Delta \theta (t)$ 和由通用螺距角度指令值生成部 15 (参照图 1) 输出的通用螺距角度指令值作为输入信号而得到，并它们相加，由此对通用螺距角度指令值进行微调，将微调后的通用螺距角度指令值输出到螺距角度控制指令值生成部 14 (参照图 1)。

这样，通过频率分析部 21 从风力发电装置的输出中提取对各个叶片的负荷变动有显著影响的频率成分，通过控制算法部 22 及逆频率分

析部 23 求出可除去该频率成分的螺距角度，计算部 24 再将从逆频率解析部 23 输出的变动螺距角度反映到通用螺距角度指令值中。

由此，能够仅准确除去显著的输出变动，从而可以保持稳定的发电输出。

此外，在使用变速风车的情况下，在图 9 所示的输出变动除去装置中，作为输入信号，输入转子转速。即，为了在变速风车中通过转子转速控制输出，可以变为输出进行转子转速的频率解析，从而求出变动螺距角度 $\Delta \theta (t)$ 。由此，对于变速风车而言，也能够进行更高精度的叶片螺距角度的控制。

上面，虽然参照附图对本发明第一实施方式的叶片螺距角度控制装置进行了详细说明，但是具体的结构不应局限于该实施方式，其还包括不脱离本发明宗旨范围内的设计变动。

例如，各种参数并不限于上述风速、空气密度、风力发电装置的输出、转子速度（转速），还包括进行风力发电时对输出等有影响的任何参数。

此外，也可以使用考虑了这些参数中所有参数变动的螺距角度，或者可以进行仅考虑这些参数的一部分（例如仅考虑风速）的螺距角度的控制。

此外，参数也不限于同步检测得到的参数，例如，风速与方位角度可以按预定的间隔检测，而随时间变化小的空气密度等，其检测间隔可以比风速、方位角度的间隔长。

第二实施方式

下面，对本发明第二实施方式的叶片螺距角度控制装置进行说明。

图 10 为框图，其显示了适用于使用了变速风车的风力发电装置的叶片螺距角度控制装置的结构。

如图 10 所示，本实施方式的叶片螺距角度控制装置设有负荷测量部（负荷测量装置）30、频率解析部（计算装置）31、调整螺距角度生成部（调整螺距角度指令值生成装置）32、螺距角度控制指令值生成部（螺距角度控制指令值生成装置）36 以及通用螺距角度指令值生成部 15。

负荷测量部 30 按规定的方位角度（例如，每 6° ）分别测量作用于各个叶片的负荷，并将测量结果作为电信号输出。

例如，该负荷测量部 30 具有：方位角度测量器（方位角度测量装置），以规定的时间间隔测量各个叶片方位角度；触发发生电路（触发发生装置），在方位角度测量器的测量结果与预定的方位角度（例如，6 的倍数的角度）一致时产生触发信号；以及传感器（测量装置），根据触发发生电路的触发信号测量负荷。此处，测量负荷的传感器可以是安装于叶片根部或风车各部分上的应变计，测力计、光纤传感器等。

频率解析部 31 可以将以规定方位角度从负荷测量部 30 测量的测量值（负荷）作为输入信号而得到，并根据该测量值，求出负荷作用于叶片的周期性变动。具体地说，通过在确保旋转一圈的测量值时，使用以下所示的计算式（1.1）、（1.2），来求出负荷的方位角度特性。能够通过负荷的余弦成分 Z_{ic} 和正弦成分 Z_{is} 表示该方位角度特性。

[数学式 1]

$$\{Z_{ic}\}_n = \frac{2}{K} \sum_{k=1}^K zi(nk\Delta\Psi) \cos(nk\Delta\Psi) \quad (1.1)$$

[数学式 2]

$$\{Z_{is}\}_n = \frac{2}{K} \sum_{k=1}^K zi(nk\Delta\Psi) \sin(nk\Delta\Psi) \quad (1.2)$$

在上述 (1.1)、(1.2) 式中, i 表示叶片编号, 在有 3 个叶片的情况下, $i=1, 2, 3$ 。 N 是对应考虑的负荷变动的周期改变的整数值, 其意味着: 如果 $n=3$, 则表示考虑了在转子旋转一圈时变动 3 次的负荷。 K 为在方位角度 0° 至 360° 中进行测量的次数, 例如, 在转子 5 旋转一圈时进行 12 次负荷测量时, “ $K=12$ ”。 $\Delta\Psi$ 为 360° 除以 K 的值。

$zi(nk\Delta\Psi)$ 是作为来自负荷测量部 30 的输入信号的各个方位角度中的负荷测量值。

接着, 调整螺距角度指令值生成部 32 将频率分析部 31 的解析结果作为输入信息而得到, 根据该解析结果, 对每一叶片分别生成用于减小负荷变动的调整螺距角度指令值。该调整螺距角度指令值生成部 32 具有调整指令值计算部 33 和逆频率分析部 34。

调整指令值计算部 33 将通过频率分析部 31 求出的负荷变动的余弦成分 Zic 与正弦成分 Zis 作为输入信号而得到, 并通过规定的传递函数计算该输入信号 Zic 、 Zis , 从而分别对各个叶片求出用于消除周期性出现的显著负荷变动的调整指令值 θ_{dem} 。此处, 求出的调整指令值 θ_{1dem} 、 θ_{2dem} 、 θ_{3dem} 为频率区域上的值。

此外, 作为求出调整指令值计算部 33 使用的传递函数的方法, 可采用通过假定各种负荷变动而进行模拟, 并分析该模拟结果来获得最佳调整指令值, 再从该结果求出传递函数的方法等。

或者, 也可以根据风车的运行状况设定多个传递函数, 再根据风车的运行状况选定最佳传递函数来使用。由此, 能够求出较为适合的

调整指令值。

接着，逆频率解析部 34 将作为通过调整指令值计算部 33 求出的频率区域上的值的调整指令值 $\theta_{1\text{dem}}$ 、 $\theta_{2\text{dem}}$ 、 $\theta_{3\text{dem}}$ 变换为时间区域上的值。

即，该调整指令值原本是根据负荷测量部 30 以规定方位角度所测量的负荷求出的值。因此，频率解析部 31、调整指令值计算部 33 所处理的信息成为随角度变化的特性或者调整指令值。

另一方面，由于后面所述的通过通用螺距角度指令值生成部 15 求出的通用螺距角度指令值是随时间变动的指令值，即时间轴上的指令值，因此，必须对这些指令值进行整合。

因此，逆频率解析部 34 使用当前的方位角度信息和规定的函数，将调整指令值 $\theta_{1\text{dem}}$ 、 $\theta_{2\text{dem}}$ 、 $\theta_{3\text{dem}}$ 转换为时间区域上的值 $\theta_1(t)$ 、 $\theta_2(t)$ 、 $\theta_3(t)$ 。

之后，将转换后的调整指令值 $\theta_1(t)$ 、 $\theta_2(t)$ 、 $\theta_3(t)$ 作为调整螺距角度指令值，传递到螺距角度控制指令值生成部 36。

在螺距角度控制指令值生成部 36 中，从调整螺距角度指令值生成部 32 输入用于减小负荷变动的调整螺距角度指令值，从通用螺距角度指令值生成部 15 输入作为用于使当前输出与目标值一致的反馈控制量的通用螺距角度指令值。该通用螺距角度指令值是各个叶片通用的指令值。螺距角度控制指令值生成部 36 通过将输入的通用螺距角度指令值与各个叶片的调整螺距角度指令值 $\theta_1(t)$ 、 $\theta_2(t)$ 、 $\theta_3(t)$ 分别相加，生成用于对各个叶片的螺距角度进行单独控制的螺距角度控制指令值，并将各螺距角度控制指令值输出到用于控制各个叶片的螺距角度的执行机构。

由此，通过执行机构，根据控制指令值控制各个叶片螺距角度。

如上所述，本实施方式的叶片螺距角度控制装置可获得以下效果。

第1，由于不管叶片的旋转速度如何，负荷测量部30均以规定的方位角度测量负荷，因此，其优点是不仅适用于定速风车，也适用于叶片旋转速度随运行状况变化的变速风车。

第2，负荷测量部30以规定的方位角度测量作用于各个叶片上的负荷，频率解析部31分析周期性负荷的变动特性，根据该分析结果，调整螺距角度指令值生成部32求出用于消除该负荷变动的调整螺距角度指令值，螺距角度控制指令值生成部36将该调整螺距角度指令值反映到各个叶片螺距角度的控制中。由此，能够减小周期性显著出现的负荷变动。

第3，由于着眼于周期性显著出现的叶片负荷变动，并且以减少该周期性的负荷变动为目的，因此，即使由反馈控制造成时间延迟，仍能够以高精度除去负荷变动。由此，与减少瞬时出现的负荷变动的以往的螺距角度控制相比，能够通过大大简化的处理有效地减小负荷变动。结果，能够将各个叶片控制为最佳的螺距角度，从而延长了叶片及构成风车的机械零件的寿命。

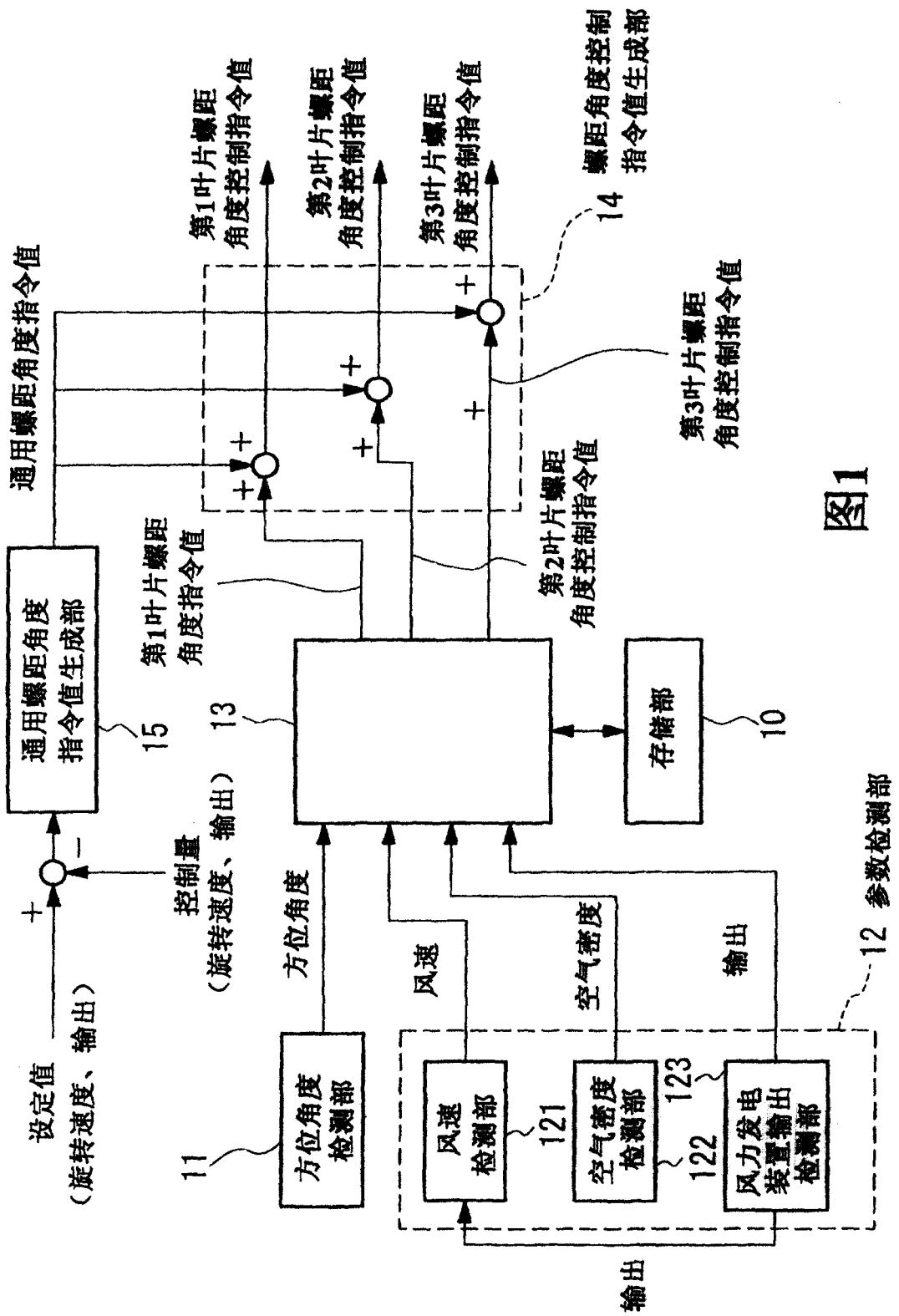
第4，由于负荷测量部30由以规定的时间间隔测量各叶片方位角度的方位角度测量器、在测量结果与预定的方位角度一致时产生触发信号的触发发生器、以及根据触发信号测量负荷的传感器构成，因此，易于实现负荷测量器30。此外，例如，负荷测量器30也可以由在方位角度达到预定角度时产生触发的编码器和根据上述触发来测量负荷的传感器构成。由于这些编码器和传感器是众所周知的机构，因此，能够以简单的方式实现负荷测量装置。

上面，参照附图对本发明的第二实施方式进行了详细说明，具体的结构并不局限于该实施方式，还包括在不脱离本发明主旨的范围内的设计变形等。

第 1，代替上述实施方式的负荷测量部 30，也可以采用用于测量叶片加速度的加速度测量部，测量规定方位角度中的叶片加速度，并计算出用于降低该加速度的最佳螺距角度。由此，能够降低叶片或者构成风车的机械零件的加速度。此外，由于具有在承受负荷变动时，叶片及构成风车的机械零件会发生振动而产生加速度这一关联关系，因此，通过以上述方式降低加速度，也可以相应地减小负荷变动。

第 2，在上述实施方式中，虽然对适用于变速风车的情况进行了说明，但是，本实施方式的叶片螺距角度控制装置也适用于使用了定速风车的风力发电装置。对于定速风车而言，在通用螺距角度指令值生成部 15 中输入的信息不是发电机的旋转速度，而变成发电机的输出，通用螺距角度指令值是使发电机输出与目标值一致的指令值。

第 3，也可以采用这样的结构，即：通过一台计算机装置来实现上述频率解析部 31、调整指令值计算部 33、逆频率解析部 34、通用螺距角度指令值生成部 15、螺距角度控制指令值生成部 36 各部分分别进行的处理内容。这种结构能够将用于实现各部功能的程序存储在电脑可读取的存储介质中，并将记录在该存储基质中的程序读入电脑系统中执行，从而进行处理。



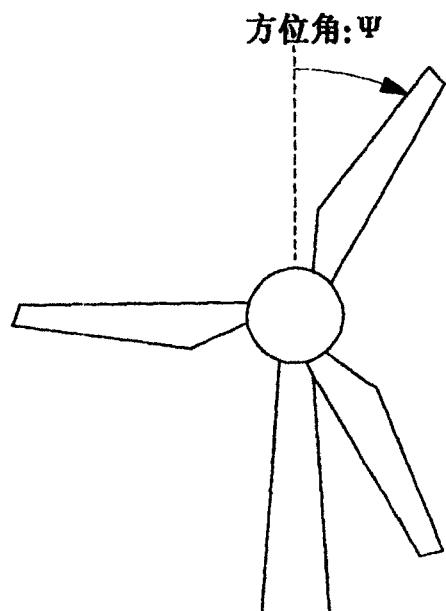


图2

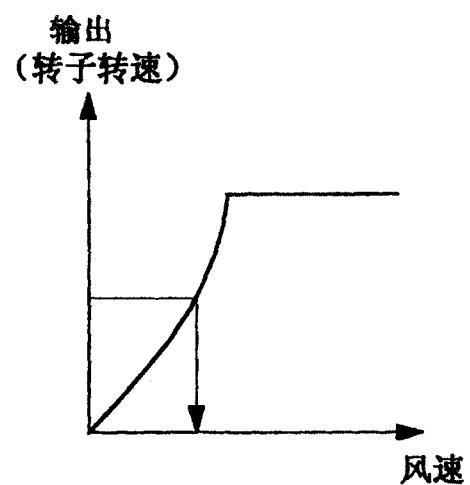


图3

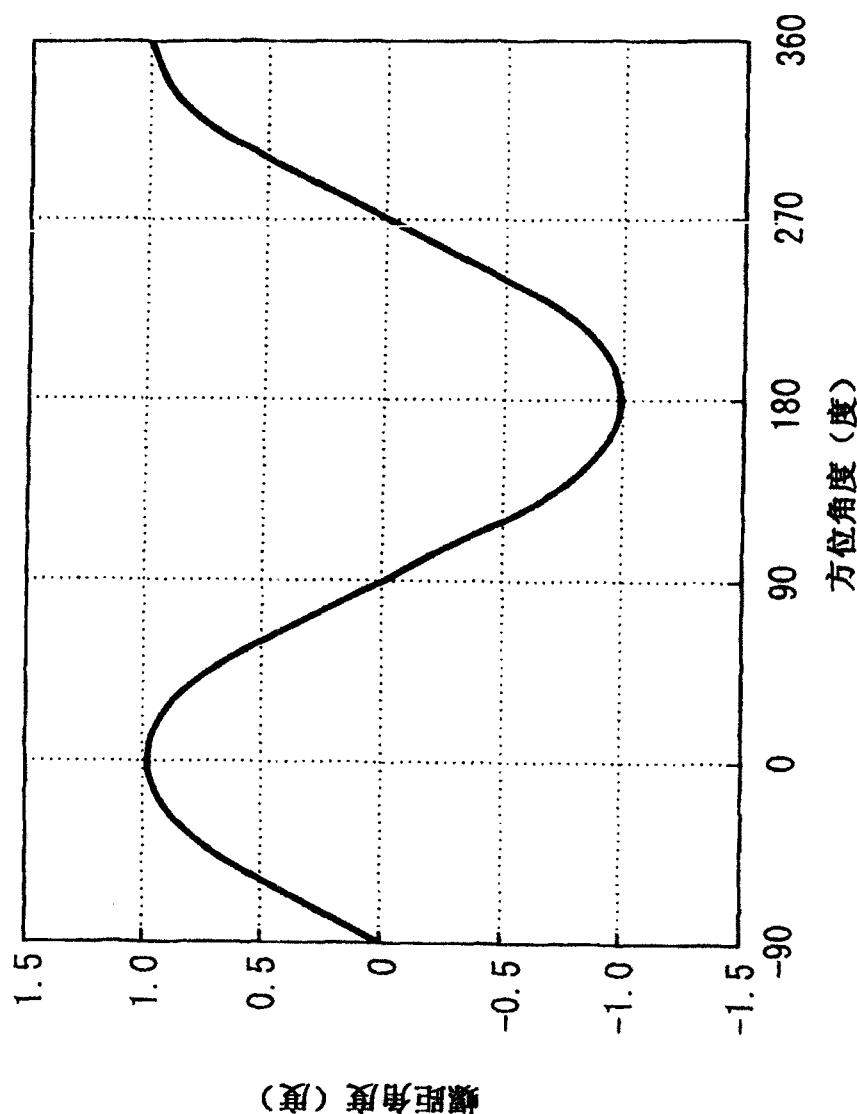


图4

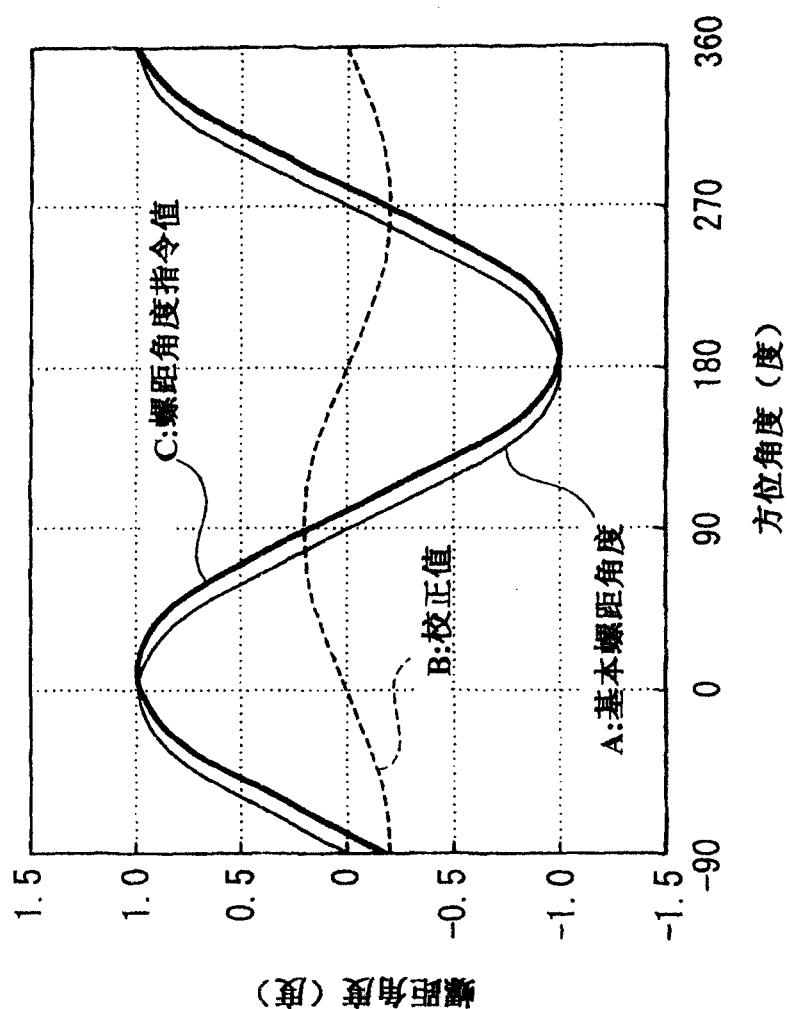


图5

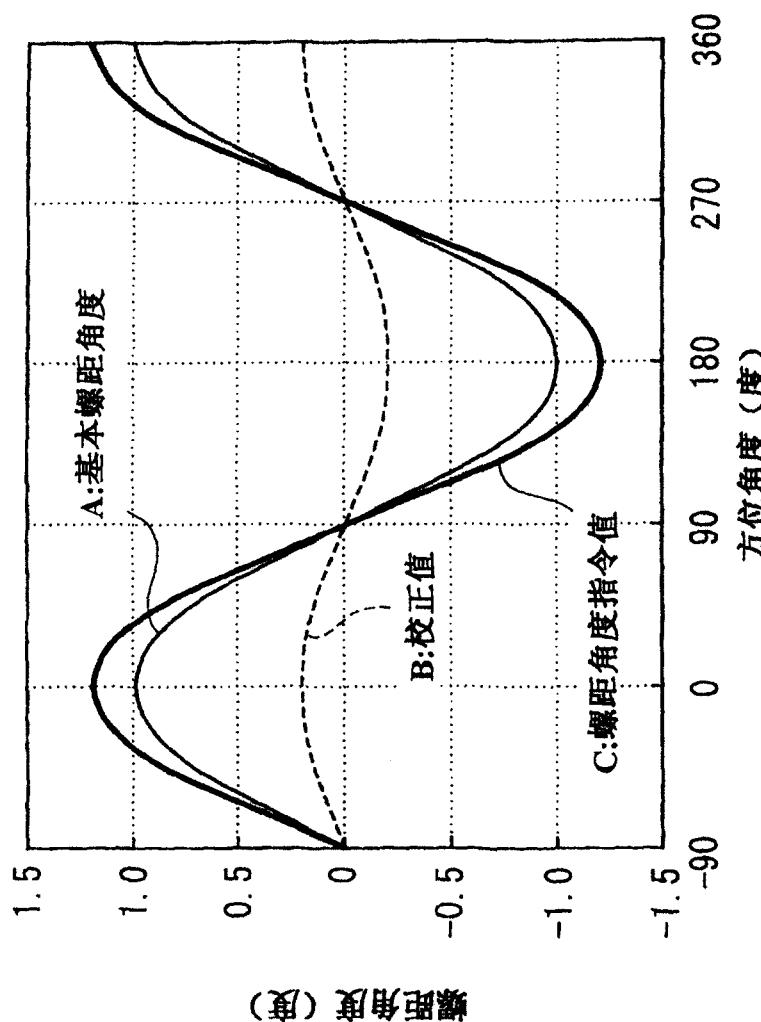


图6

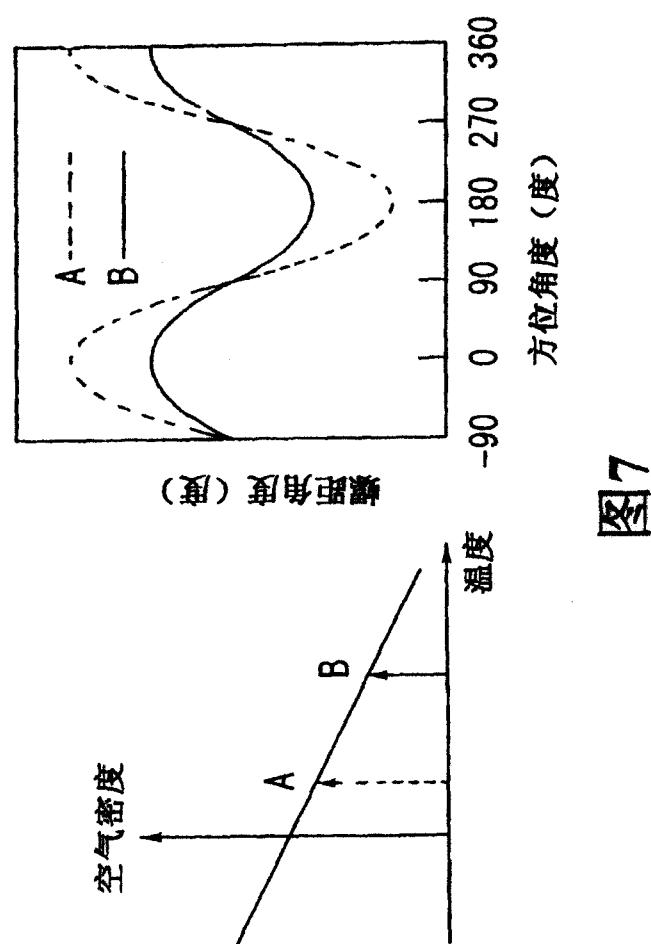


图7

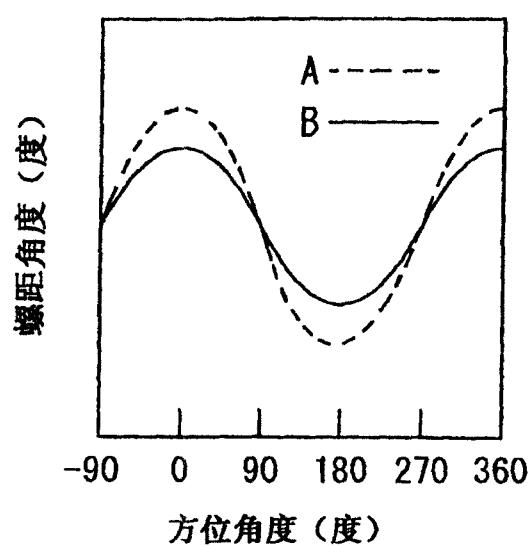


图8

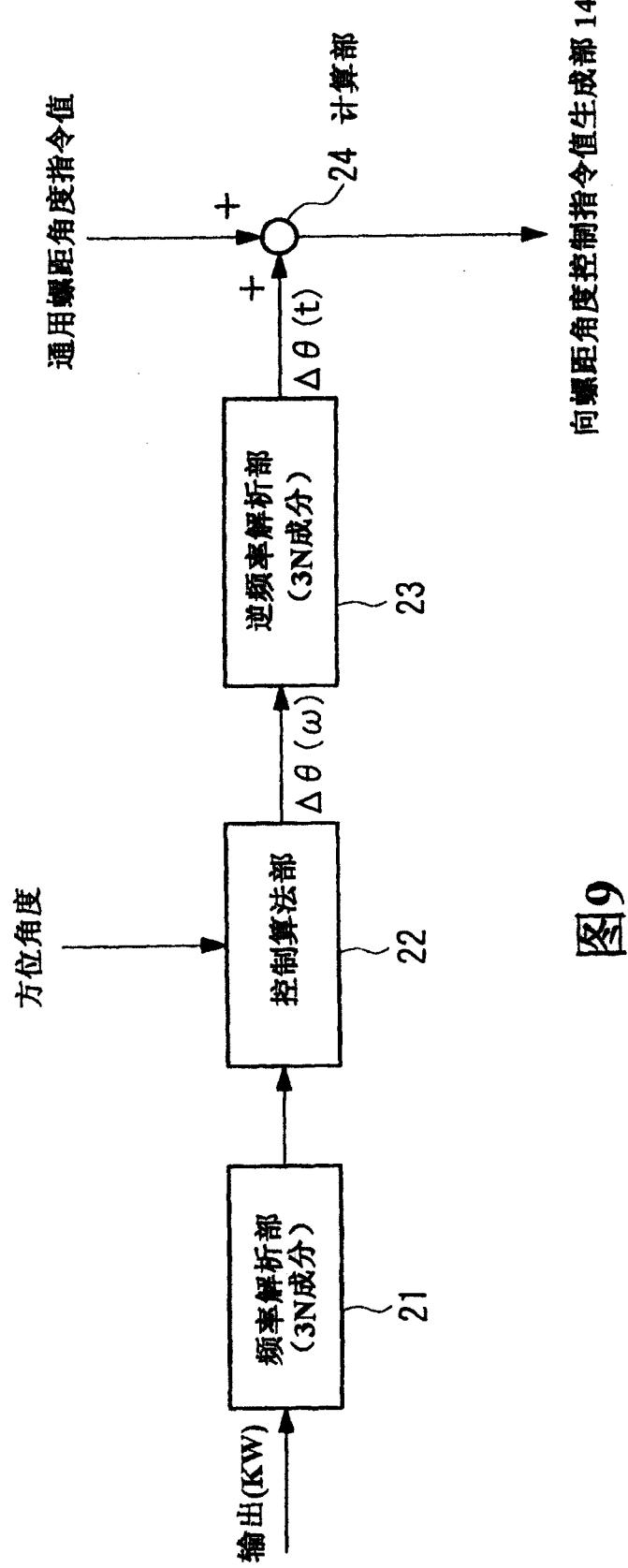
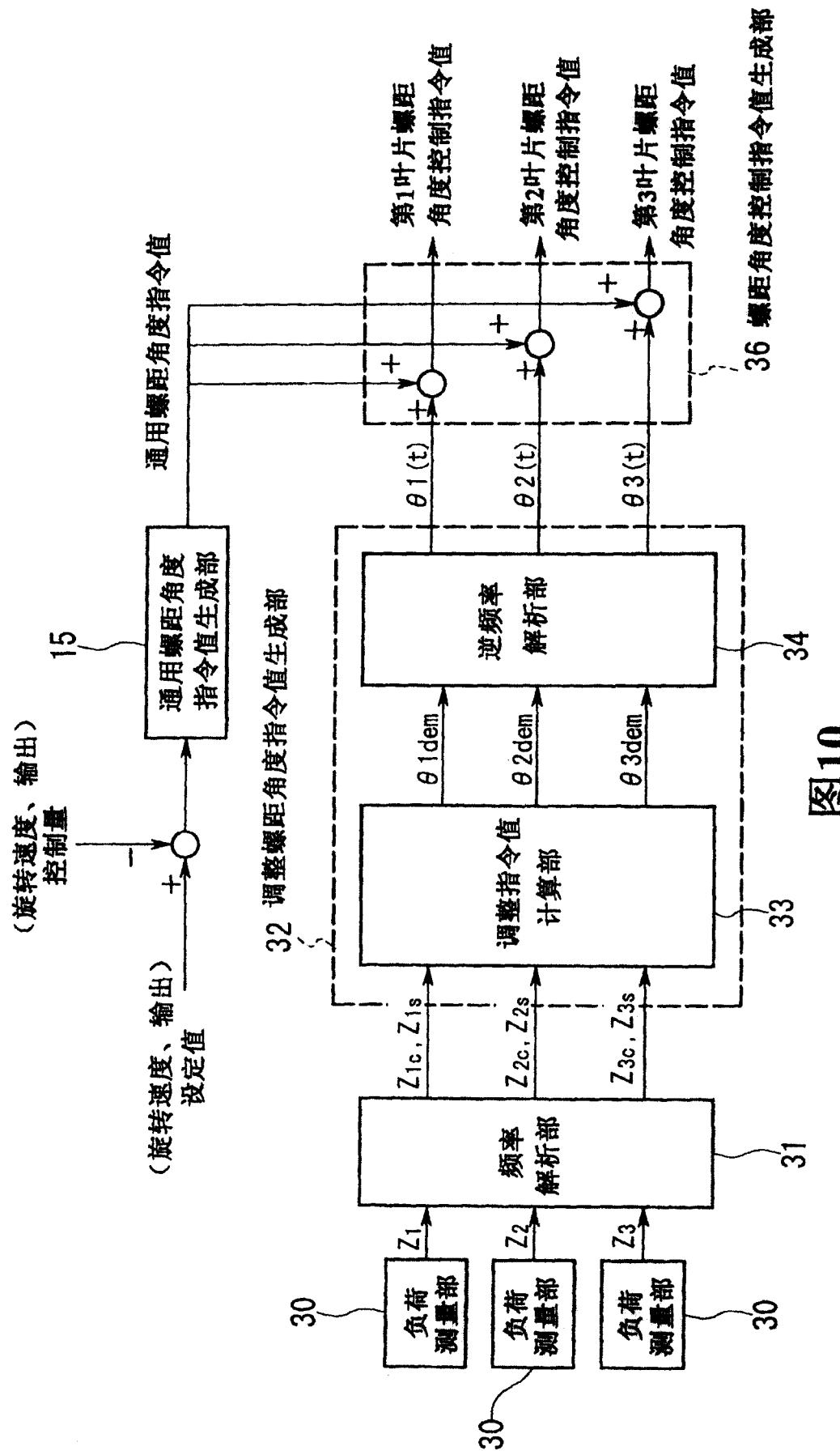


图9



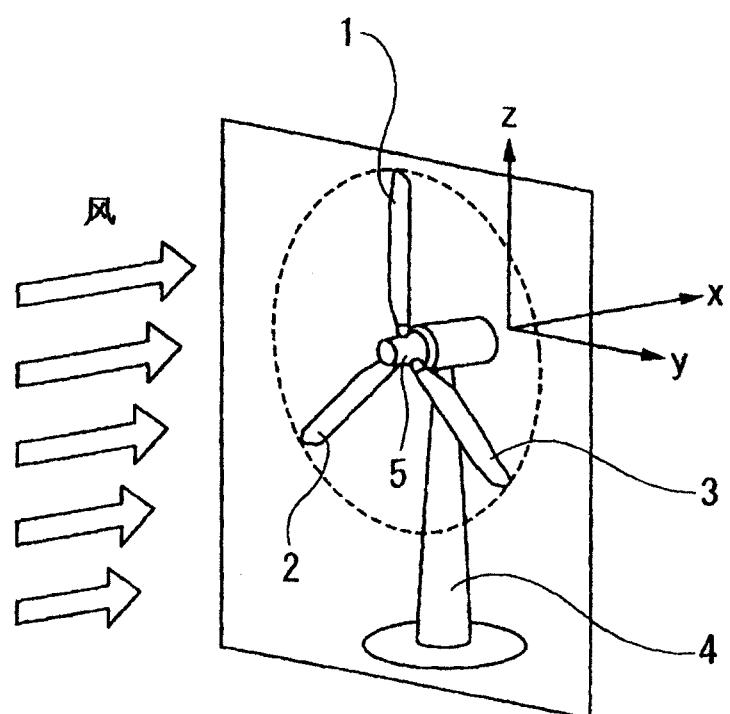


图11

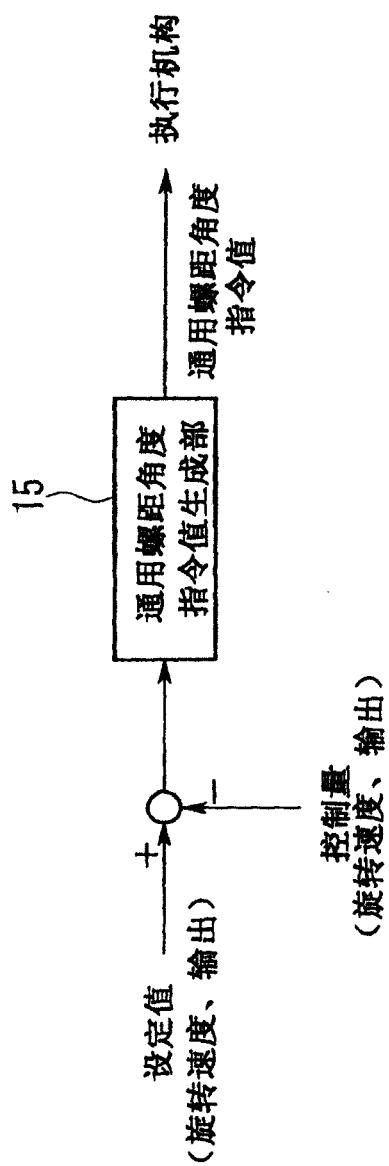


图12

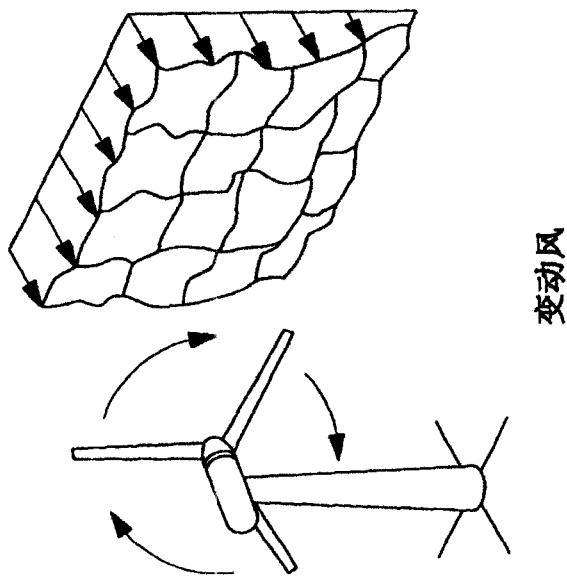


图13C

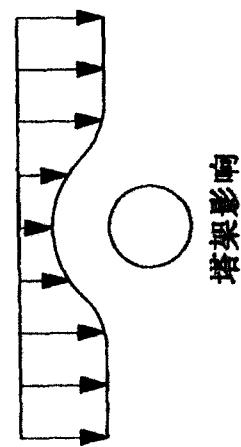


图13B

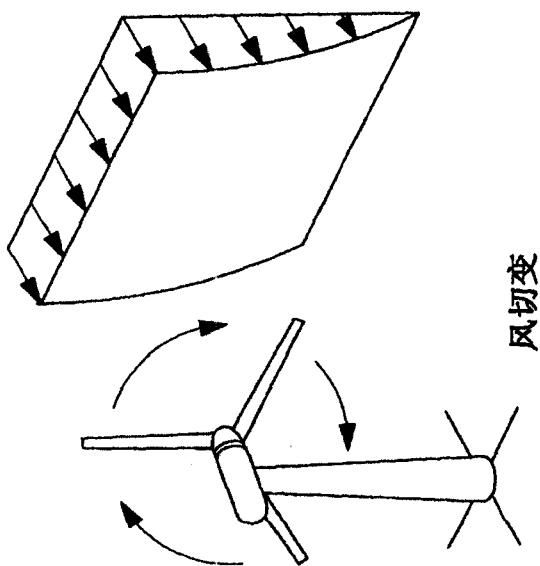


图13A