



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101793227 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 06

(21) 申请号 200910253971. 6

(22) 申请日 2009. 12. 11

(30) 优先权数据

PA200801774 2008. 12. 12 DK

61/122, 062 2008. 12. 12 US

(73) 专利权人 维斯塔斯风力系统有限公司

地址 丹麦兰德斯

(72) 发明人 林君平 张铁岭 萧珮芜

斯里坎斯·那拉斯马鲁

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉

(51) Int. Cl.

F03D 7/00 (2006. 01)

F03D 11/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1672778 A2, 2006. 06. 21, 全文.

US 5068800 A, 1991. 11. 26, 全文.

EP 1505374 A1, 2005. 02. 09, 全文.

JP 特开 2000-19054 A, 2000. 01. 21, 全文.

CN 101298864 A, 2008. 11. 05, 全文.

CN 101002018 A, 2007. 07. 18, 全文.

审查员 李宏利

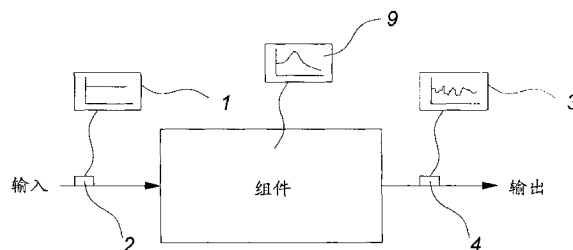
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

风力涡轮机运行控制方法及风力涡轮机

(57) 摘要

本发明涉及一种风力涡轮机的运行控制方法,该方法包括以下步骤:确定所述风力涡轮机的组件的机械输入的第一测量值,并同时确定所述组件的机械输出的第二测量值,根据对所述第一测量值与所述第二测量值之间关系的分析来确定所述组件的运行频率响应函数,将所述运行频率响应函数与预定的运行频率响应函数进行比较,从而确定两者之间可能的偏差,并且响应于所述偏差来控制所述风力涡轮机的运行以便改变所述组件的机械输入。此外,本发明涉及风力涡轮机。



1. 一种控制风力涡轮机运行的方法,所述方法包括以下步骤:
确定所述风力涡轮机的组件的机械输入的第一测量值,并且同时,
确定所述组件的机械输出的第二测量值,
根据对所述第一测量值与所述第二测量值之间的关系的分析来确定所述组件的运行频率响应函数,
将所述运行频率响应函数与预定的运行频率响应函数进行比较,并且确定二者之间可能的偏差,以及
响应于所述偏差来控制所述风力涡轮机的运行以便改变所述组件的机械输入。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述改变所述组件的机械输入的步骤是通过改变一个或者多个风力涡轮机转子叶片的间距来执行的。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述改变所述组件的机械输入的步骤是通过改变风力涡轮机转子的转动速度来执行的。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,执行所述改变所述组件的机械输入的步骤以使所述组件的输入端的最大扭矩减小。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,执行所述改变所述组件的机械输入的步骤以使一个或者多个预定频率范围中的电力减少。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,按照预定时间间隔来执行所述确定所述组件的运行频率响应函数的步骤。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,响应于所述偏差来控制所述风力涡轮机的运行以便改变所述组件的机械输入,是在所确定的偏差超过预定阈值的情况下执行的。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,在运行过程中能够动态地改变所述阈值的数值。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述运行频率响应函数和所述预定的运行频率响应函数至少包括振幅函数。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述运行频率响应函数和所述预定的运行频率响应函数至少包括相位函数。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述风力涡轮机的所述组件是齿轮箱。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述风力涡轮机的所述组件是所述风力涡轮机的轴承。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述预定的运行频率响应函数实质上是在所述风力涡轮机的安装时间确定的。
14. 一种用于执行根据权利要求1所述的方法的风力涡轮机。
15. 根据权利要求14所述的风力涡轮机,其中,所述风力涡轮机的所述组件是齿轮箱。

风力涡轮机运行控制方法及风力涡轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风力涡轮机运行控制方法及风力涡轮机。

背景技术

[0002] 在风力涡轮机组件的传统预测性维护或者基于状况的维护过程中,对组件的运行状况进行监测。在监测过程中,如果发现了明显的组件性能劣化且劣化已经超过了给定阈值,则触发了执行维护的动作。这通常依赖于监测系统探测这些变化。监测过程中的参数通常是反映了振动、温度、声学特性或者压力的参数,但并不限于这些参数。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种用于监测并且控制风力涡轮机组件的运行以便延长组件寿命且将所需要的对风力涡轮机组件的维护服务减到最少的有利技术。

[0004] 本发明涉及一种控制风力涡轮机运行的方法,该方法包括以下步骤:

[0005] - 确定所述风力涡轮机的组件的机械输入的第一测量值,并且同时

[0006] - 确定所述组件的机械输出的第二测量值,

[0007] - 根据对所述第一测量值与所述第二测量值之间关系的分析,确定所述组件的运行频率响应函数,

[0008] - 将所述运行频率响应函数与预定的运行频率响应函数进行比较,从而确定两者之间可能的偏差,以及

[0009] - 响应于所述偏差来控制所述风力涡轮机的运行,以便改变所述组件的机械输入。

[0010] 该方法用于通过监测所述风力涡轮机的组件的状况并在所述组件显示磨损迹象时控制机械输入来控制风力涡轮机的运行,以便延长所述组件的运行寿命。因此,确保了一种用于监测和控制所述风力涡轮机组件的运行以便延长所述组件寿命且将所需要的对所述风力涡轮机组件的维护服务减到最少的有利技术。

[0011] 机械组件的频率响应函数可以很好地显示所述组件的运行状况。可以通过观察频率响应曲线或函数相对于所述机械组件的基准频率响应曲线的任何变化(该变化又可以表明可能已经发生了物理变化)来管理所述风力涡轮机的控制和运行。

[0012] 在本发明的一个方面中,所述改变所述组件的机械输入的步骤是通过改变一个或者多个风力涡轮机转子叶片的间距来执行的。通过改变所述转子叶片的间距,可以确保减小所述风力涡轮机的诸如变距轴承(pitch-bearing)、主轴、齿轮箱、主轴承、偏航轴承等各种组件上的负载。风力涡轮机的这种减小和控制又可以确保将磨损减到最小。

[0013] 在本发明的另一个方面中,所述改变所述组件的机械输入的步骤是通过改变风力涡轮机转子的转动速度来执行的。通过改变所述转动速度,可以确保减小所述风力涡轮机的诸如主轴承和齿轮箱等各种组件上的动态负载。这又确保减小了特定组件的磨损。甚至还可以将本方面与例如通过调节一个或者多个风力涡轮机转子叶片的间距来改变所述组件的机械输入的其他策略组合起来。

[0014] 在本发明的又一个方面中,所述改变所述组件的机械输入的步骤导致所述组件的输入端的最大扭矩减小。通过减小组件的输入端的最大扭矩,例如,减小齿轮箱,可以确保同时减小该组件的负载和扭矩波动的程度。因此,能够确保不会达到最大程度的负载和波动,并且减小了失效风险。

[0015] 在本发明的又一个方面中,所述改变所述组件的机械输入的步骤导致一个或者更多个预定频率范围中的电力减少。因此,能够确保减少在诸如所述组件的固有频率周围的一个或者更多个预定频率范围中所述组件上的载荷冲击,这些频率范围中或其周围范围中的冲击常常导致所述组件的最高程度的磨损。

[0016] 在本发明的又一个方面中,所述确定运行频率响应函数的步骤按照预定的时间间隔执行。因此,确保了能够按照时间间隔来执行对风力涡轮机运行的控制,例如,由所述风力涡轮机组件的可疑劣化(需要所述风力涡轮机的另一种控制策略)发起的控制,或者由所述组件的机械状况的突然变化发起的控制。

[0017] 在本发明的其它方面中,所述响应于所述偏差来控制所述风力涡轮机的运行以便改变所述组件的机械输入的步骤在所确定的偏差超过预定阈值的情况下执行。通过在所述偏差超过特定阈值之前不改变所述组件的机械输入,可以确保不会由于可能被确定的小偏差而经常地改变机械输入,并且可以避免由于在嘈杂环境中的测量误差或测量而引起所述响应函数的确定过程中的特定错误。

[0018] 在本发明的另一个方面中,可以在运行过程中动态地改变所述阈值的数值。通过能够在运行过程中改变所述阈值,实现了对能够取得的对所述风力涡轮机的运行的最优控制。可以基于例如负载测量值、风速、扰动等来实现对所述阈值的数值的改变。

[0019] 在本发明的又一个方面中,所述频率响应函数至少包括振幅函数。因此,确保了对所述偏差的确定至少是基于所述组件上的载荷冲击的振幅或大小,并且能够确保与此相关地控制所述风力涡轮机。

[0020] 在本发明的又一个方面中,所述频率响应函数至少包括相位函数。因此,确保了对所述偏差的确定至少是基于所述组件上的载荷冲击的时间关系,并且能够确保与此相关地控制所述风力涡轮机。

[0021] 在本发明的又一个方面中,风力涡轮机的所述组件是齿轮箱。通过将本发明方法应用于风力涡轮机的齿轮箱,确保齿轮箱能够在与基本全负载水平运行的齿轮箱相比确保了延长寿命的负载水平上运行。

[0022] 在本发明的又一个方面中,风力涡轮机的所述组件是所述风力涡轮机的轴承。通过将本发明方法应用于风力涡轮机轴承,确保以延长轴承寿命的方式对作用于所述轴承上的负载进行控制。

[0023] 在本发明的另一方面中,所述预定的运行频率函数实质上是在安装时确定的。通过在安装时确定所述运行频率函数,可以确保例如在磨损尚未改变组件的机械特性时确定新安装组件的频率函数。因此确定了可与任意随后获得的函数相比较的基准频率函数,并且可以探测到频率函数相对于该基准频率函数的表示磨损的任何后续变化。

[0024] 本发明还涉及一种用于执行根据上述任一方面的方法的风力涡轮机。

附图说明

[0025] 下面将参考附图对本发明进行描述,在附图中:

[0026] 图 1 示意性地例示了用于确定风力涡轮机组件的频率响应的典型装置;

[0027] 图 2 示意性地例示了作为假想筒式机械风力涡轮机组件的输出频谱的假想频率响应曲线(振幅对频率),该输出频谱是对组件输入端的已知作用力的响应;

[0028] 图 3 示意性地例示了一个组件性能参数(例如,机械组件的输出频谱的一个谐振峰的振幅)如何由于组件频率响应函数的变化而随着时间发生变化;

[0029] 图 4 示意性地例示了根据本发明一个实施方式的如何按照使运行频率响应曲线归一化或者最佳化为基本上等于初始基准频率响应曲线的方式对组件的输入进行控制;

[0030] 图 5 示意性地例示了对机械风力涡轮机组件的运行频率响应曲线进行优化的效果;

[0031] 图 6a 示意性地例示了从安装时间到风力涡轮机寿命通常结束时的发电水平;和

[0032] 图 6b 例示了根据本发明各个实施方式的风力涡轮机的发电水平。

[0033] 标号说明

[0034] 1 输入监测单元

[0035] 2 传感器

[0036] 3 输出监测单元

[0037] 4 传感器

[0038] 5 基准频率响应曲线

[0039] 6 改变的频率响应曲线

[0040] 7 组件性能参数

[0041] 8 运行频率响应曲线

[0042] 9 组件传递函数

具体实施方式

[0043] 任何机械或者电气/机械组件或系统在发生失效之前都要经受磨损过程。备受关注的是,确认劣化过程何时开始,以及剩余可用寿命多长。

[0044] 在传统预测性维护或者基于状况的维护过程中,对组件的运行状况进行监测。在监测过程中,如果发现了明显的组件性能劣化,并且劣化程度已经超过了给定阈值,则触发了动作以确保维护的执行。该过程通常依赖于单独的状况监测系统来探测这些变化。需要监测的参数通常是反映了振动、温度、声音响应或者压力的参数,但并不限于这些参数。

[0045] 本发明利用了机械组件的频率响应函数可以很好地表明组件的运行状况这一点。

[0046] 机械组件或系统的频率响应函数是一种系统特性,该系统特性具有由已知的施加输入所引起的测定响应。该函数的目的为识别机械结构或组件的固有频率、阻尼率和振型。

[0047] 组件的固有频率是这样一种频率,即,在该频率处,如果组件受到来自该组件其余(rest)位置的扰动,则该组件将振荡,然后该组件可以自由地振动。许多机械结构(例如,各种风力涡轮机组件)都是复杂结构,并且可以包括多个固有频率。

[0048] 为了测量机械系统的频率响应函数,需要测量系统的输入力的频谱和振动响应的频谱。因此可以将频率响应函数定义为组件的振动频谱除以机械组件或系统的输入力的频谱。

[0049] 频率响应函数可以包括参数、振幅、频率和 / 或相位的测量。

[0050] 在图 1 中示意性地例示了一种用于确定频率响应的典型装置, 其中, 由例如输出监测单元 3 (包括至少一个传感器 4) 产生了振动的“输出”频谱, 以作为对例如由输入监测单元 1 (包括至少一个传感器 2) 在组件的输入端测定的已知作用力的响应。9 表示组件的传递函数。

[0051] 图 2 示意性地例示了作为假想简式机械风力涡轮机组件的输出频谱的假想频率响应曲线 5 (振幅对频率), 该输出频谱是对组件输入端的已知作用力的响应。

[0052] 可以看出, 频率响应曲线 5 在作为组件固有频率的 $f_{\text{res, norm}}$ 处具有峰值。

[0053] 根据发明的一个实施方式, 可以在风力涡轮机组件在运行过程中实质上是新的时候, 测量和 / 或确定该组件的基准频率响应曲线 5。

[0054] 根据发明的另一个实施方式, 可以在风力涡轮机组件已经安装一定时间并且已经完成了初始运行阶段之后, 测量和 / 或确定基准频率响应曲线 5。

[0055] 机械组件的频率响应曲线或函数相对于基准频率响应曲线的任何变化, 可以表示已经发生了物理变化。例如如果出现了失效运行模式或者组件处于磨损阶段, 则可能发生变化。

[0056] 图 2 中的曲线 6 示意性地例示了这种频率响应函数发生了变化的事件。该曲线可能发生与固有频率数值、阻尼率和振型有关的变化。频率响应的变化可能突然发生, 这可能表示例如由于故障所导致的组件的突然结构性变化, 或者可能随着时间的发展缓慢地发生变化, 这可能例如源于组件的磨损和 / 或老化。

[0057] 作为风力涡轮机组件的一个示例性例子, 对于基准频率响应曲线 5 来说, 例如长期的磨损可以改变曲率, 从而使基准频率响应曲线 5 与曲线 6 相符, 即, 峰值 $f_{\text{res, norm}}$ 的振幅和频率已经改变为 $f_{\text{res, 2}}$ 处的新数值。

[0058] 如上所述, 在传统的风力涡轮机组件的预测性维护或者基于状况的维护策略中, 对组件的运行状况进行监测。如果在监测过程中, 通过例如频率响应曲线 6 相对于固有频率数值、阻尼率和 / 和振型的所述变化发现组件性能的明显劣化, 并且劣化超过了给定阈值, 则触发了动作以确保维护的执行。

[0059] 在达到所述阈值之前的时段内, 可以对频率响应参数进行监测。

[0060] 图 3 示意性地例示了一个组件性能参数 7 (例如, 机械组件的输出频谱的一个谐振峰的振幅) 如何由于组件频率响应函数的变化而随着时间发生变化。

[0061] 从基准时间 (例如, 安装的时间 ($t = 0$)) 开始, 将谐振峰的幅度被测量为随着时间的发展基本保持恒定 (nom.), 直到开始发生物理变化的时间 ($t = 1$) 为止。如果例如组件处于磨损阶段, 则可发生变化。

[0062] 对于该示例性例子 (其表示频率响应曲线 5 到变化后的频率响应曲线 6 的时间相关变化), 组件的剩余使用寿命可能在 $t = 2$ 处结束, 组件在 $t = 2$ 处需要按计划进行维护和 / 或修理, 甚至更坏的情况是组件已经磨损并可能失效。该例子中的谐振峰值的振幅在此降低到低于标称值 (nom.) 的水平。

[0063] 对于发明的其它实施方式来说, 由于磨损的原因, 该组件性能参数 7 的数值可能增加。

[0064] 根据本发明的各个实施方式, 当监测到性能参数 7 的这种变化, 或者监测到变化

超过一定程度时,则按照使运行频率响应曲线 8 归一化或者优化为基本上等于原始基准频率响应曲线 5 从而补偿组件的频率响应函数的变化的方式来控制组件的输入。在图 4 中针对本发明的一个实施方式对这一点进行了示意性例示,其中,对组件的输入进行控制,以使得当前运行频率响应曲线 8 被优化为基本上等于原始或基准频率响应曲线 5。

[0065] 图 5 示意性地例示了机械风力涡轮机组件的运行频率响应曲线 8 的上述优化的效果。

[0066] 从基准时间(例如,安装的时间($t = 0$))开始,例如谐振峰的幅度被测量为随着时间的发展基本上保持恒定(nom.),直到开始发生物理变化的时间($t = 1$)为止。通常,组件的剩余使用寿命可能在 $t = 2$ 处结束,但是根据本发明的实施方式,对组件的输入进行控制,以使得组件的输出频谱被归一化或者优化到基准水平(nom.)。

[0067] 通过这种对组件的输入的连续匹配,延长了剩余使用寿命,即,在时间 $t = 3$ 之前,组件性能参数的振幅将不会从 nom. 水平开始下降,并且组件的期望剩余使用寿命可能例如在 $t = 4$ 处结束。

[0068] 实现本发明的一个结果是,风力涡轮机组件的寿命得到延长,并且风力涡轮机可以运行较长的时期,无需例如关停涡轮机进行维护,即,维护间隔时间得到延长。因此,可以产生更多电力。

[0069] 在图 6a 和图 6b 中针对本发明的各个实施方式对这一点进行了示意性的例示。

[0070] 图 6a 例示了从安装时间($t = 0$)到时间 $t = 2$ 的发电量水平,风力涡轮机组件的寿命通常地在时间 $t = 2$ 处结束,并且必须关停风力涡轮机以进行维护或修理。可以将附图上的阴影部分视为产生的电力。

[0071] 图 6b 例示了根据本发明的各个实施方式的风力涡轮机的发电量水平。

[0072] 从安装时间($t = 0$)开始,根据本发明的技术对风力涡轮机进行控制,控制结果常常是,例如在 $t = 2$ 之前的某个时间,也就是在风力涡轮机组件的寿命通常结束的时间之前,风力涡轮机组件的输入力被减小。因此,将组件的输出频谱归一化或者优化到根据本发明的基准水平。通过减小风力涡轮机的输入力,如图所示,在 $t = 2$ 的时间之前的某个时间,所产生的电力也可能减少。因此,风力涡轮机可进一步运行到例如时间 $t = 4$,在该时刻,例如通过减少所产生的电力执行类似的归一化和/或优化,那么甚至可以进一步运行风力涡轮机。可以看出,所产生的电力(即,阴影部分)随时间发展而增加,并且归一化/优化处理可以迭代地进行(即,按照一定时间间隔重复多次)。

[0073] 因此,风力涡轮机组件和风力涡轮机可运行更长的时段,而不需要维护或者服务,也就是增加了服务之间的时间。

[0074] 可以通过某种方式利用这一点,即,风力涡轮机在例如高风季节中不需要中断,而且尽管风力涡轮机可能以低于标称的水平运行,但是仍然可以运行并且产生电力。这意味着维护被推迟到低风季节。

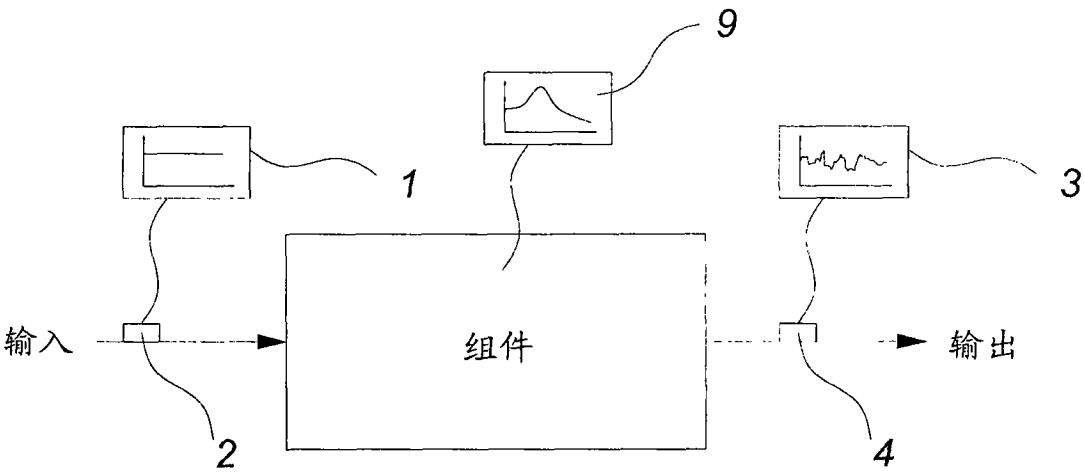


图 1

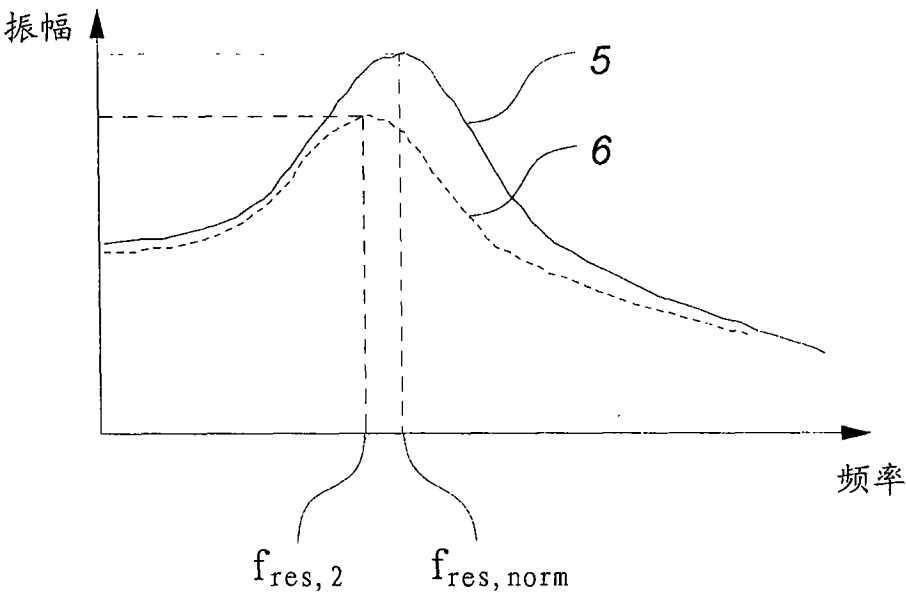


图 2

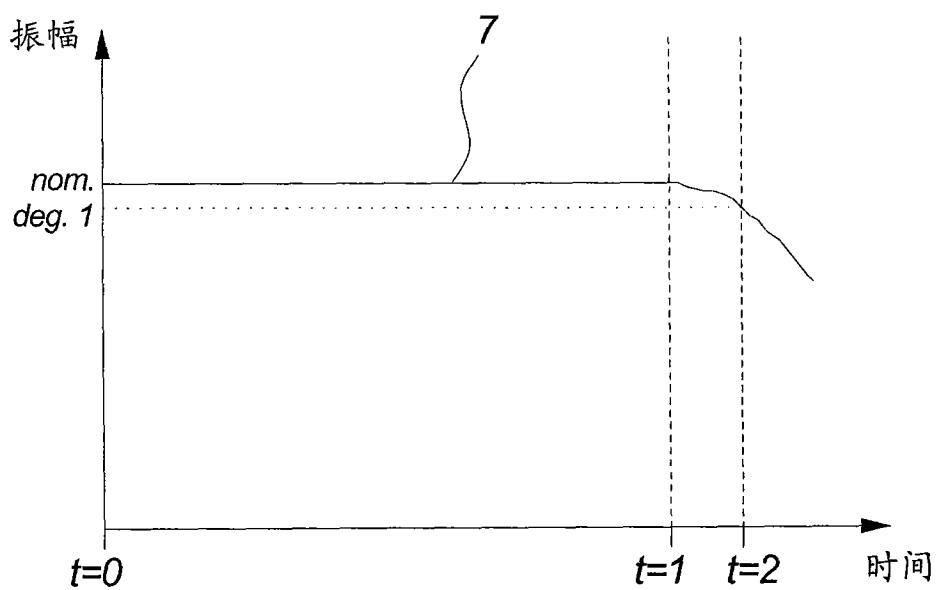


图 3

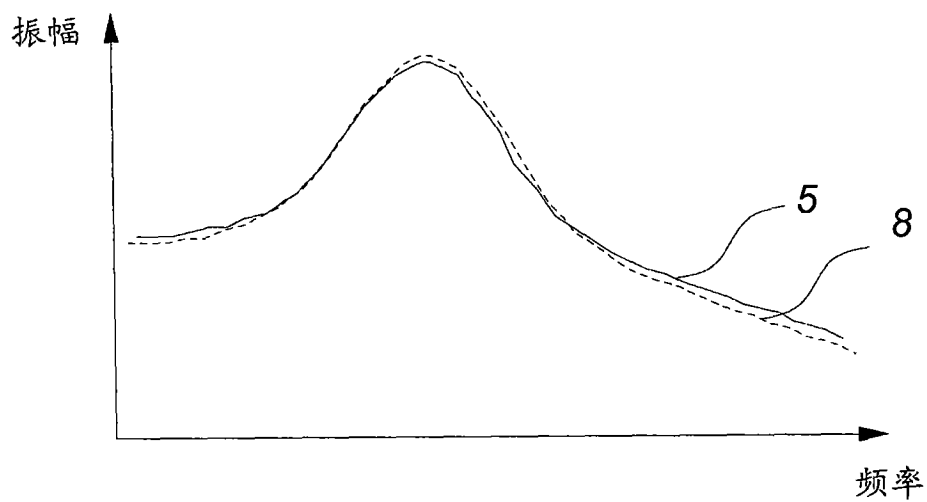


图 4

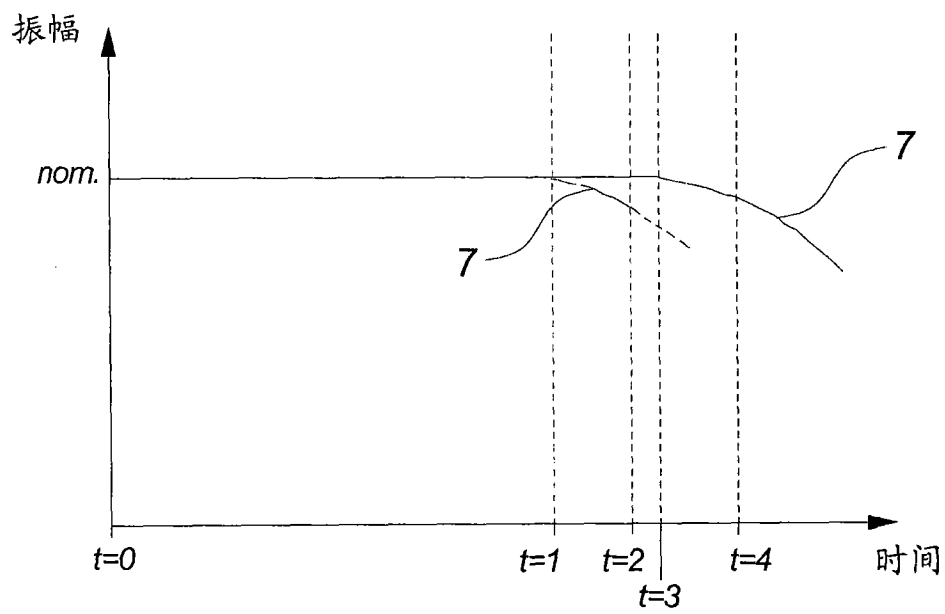


图 5

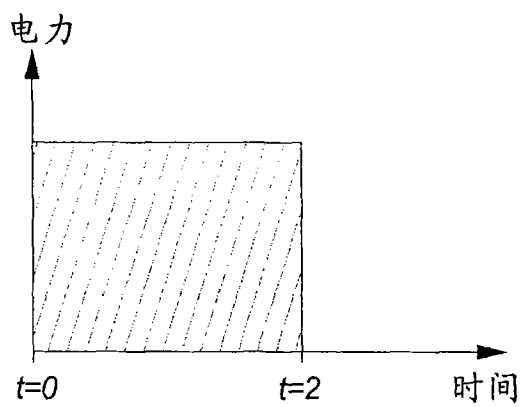


图 6a

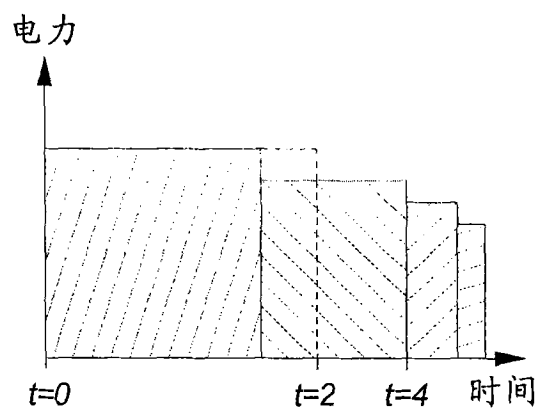


图 6b