



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103939288 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201410030896. 8

(22) 申请日 2014. 01. 22

(30) 优先权数据

13/746, 550 2013. 01. 22 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 T. F. 珀利 B. S. 盖伯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 肖日松 严志军

(51) Int. Cl.

F03D 7/06(2006. 01)

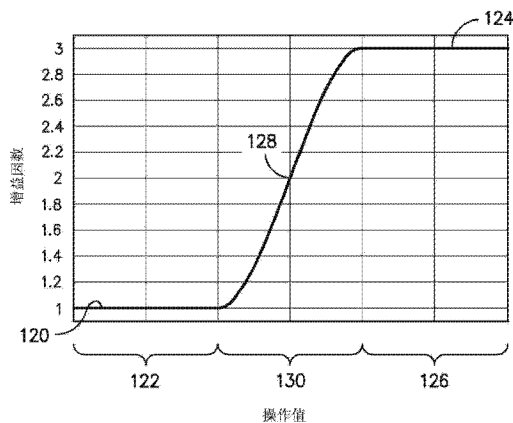
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

风力发电机和用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法

(57) 摘要

本发明公开一种用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法。所述方法包括:监测所述风力发电机的操作值;以及将所述操作值提供到控制器,所述控制器使用比例积分微分控制算法来调整所述桨距角。所述方法进一步包括:当所述操作值在第一操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第一增益值;以及当所述操作值在第二操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第二增益值。所述第二增益值与所述第一增益值不同,并且所述第二操作区域与所述第一操作区域不同。



1. 一种用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法,所述方法包括:
监测所述风力发电机的操作值;
将所述操作值提供到控制器,所述控制器使用比例积分微分控制算法来调整所述桨距角;
当所述操作值在第一操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第一增益值;以及
当所述操作值在第二操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第二增益值,其中所述第二增益值与所述第一增益值不同,并且所述第二操作区域与所述第一操作区域不同。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第二增益值大于所述第一增益值,并且其中所述第二操作区域大于所述第一操作区域。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第二增益值是第二增益值范围,所述第二增益值范围从所述第一增益值延续。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括当所述操作值在第三操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第三增益值,其中所述第三增益值与所述第一增益值和所述第二增益值不同,并且所述第三操作区域与所述第一操作区域和所述第二操作区域不同。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其中所述第三增益值大于所述第一增益值并小于所述第二增益值,并且其中所述第三操作区域小于所述第一操作区域。
6. 如权利要求 4 所述的方法,其中所述第三增益值是第三增益值范围,所述第三增益值范围在所述第一增益值与所述第二增益值之间延续。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述增益因数是比例增益因数。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述增益因数是积分增益因数。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述增益因数是微分增益因数。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述调整步骤中的每个包括调整多个增益因数中的每个。
11. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第一增益值为 1。
12. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第二增益值在约 2 与约 4 之间。
13. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述操作值是所述风力发电机的发电机转子的加速度值。
14. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括对所述桨距角进行调整。
15. 一种风力发电机,其包括:
塔筒;
机舱,所述机舱安装在所述塔筒上;
转子,所述转子连接到所述机舱上,所述转子包括轮毂和多个转子叶片;
发电机;
多个桨距调整机构,所述多个桨距调整机构中的每个连接到所述多个转子叶片中的一个上;
控制器,其与所述多个桨距调整机构中的一个可操作地通信,所述控制器使用比例积

分微分控制算法,所述控制器配置用于当所述风力发电机的操作值在第一操作区域内时将用于所述比例积分微分算法的增益因数调整成第一增益值,所述控制器进一步配置用于当所述操作值在第二操作区域内时将用于所述比例积分微分算法的增益因数调整成第二增益值,其中所述第二增益值与所述第一增益值不同,并且所述第二操作区域与所述第一操作区域不同。

16. 如权利要求 15 所述的风力发电机,其中所述第二增益值是第二增益值范围,所述第二增益值范围从所述第一增益值延续。

17. 如权利要求 15 所述的风力发电机,其中所述控制器进一步配置用于当所述操作值在第三操作区域内时将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第三增益值,其中所述第三增益值与所述第一增益值和所述第二增益值不同,并且所述第三操作区域与所述第一操作区域和所述第二操作区域不同。

18. 如权利要求 17 所述的风力发电机,其中所述第三增益值是第三增益值范围,所述第三增益值范围在所述第一增益值与所述第二增益值之间延续。

19. 如权利要求 15 所述的风力发电机,其中所述操作值是所述发电机的转子的加速度值。

20. 如权利要求 15 所述的风力发电机,其中所述控制器与所述多个桨距调整机构中的每个可操作地通信。

风力发电机和用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及风力发电机,并且更具体地,涉及用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法和装置。

背景技术

[0002] 风能被认为是目前可用的最清洁的、最环保的能源之一,在这一方面,风力发电机已获得广泛关注。现代风力发电机通常包括塔筒、发电机、齿轮箱、机舱以及转子,所述转子包括了一个或多个转子叶片。转子叶片使用已知翼型原理捕获风的动能并且通过转动来传输所述动能,以便转动将转子叶片连接到齿轮箱上的轴,或者如果未使用齿轮箱,则转动将转子叶片直接连接到发电机上的轴。随后,发电机将机械能转化成电能,所述电能可以部署到公用设施电网上。

[0003] 在风力发电机的操作过程中,风力发电机中各种部件因作用在叶片上的气动风力载荷而承受了各种载荷。具体来说,在操作过程中,转子叶片因与风相互作用而经受很大负载并且经受负载频繁改变。例如,风速和风向的改变可以修改转子叶片所经受的载荷。为了减少转子叶片负载,已研发出各种方法和装置以使得转子叶片能够在操作过程中进行变桨。变桨通常允许转子叶片摆脱由此所经受的一部分载荷。

[0004] 此类用于使转子叶片变桨的方法和装置通常使用控制器,所述控制器基于操作条件来确定转子叶片的合适桨距角。如比例积分微分(“PID”)控制算法等各种控制算法都可用于控制器中。然而,用于确定合适桨距角的已知算法具有多种缺点。例如,通常必须选择用于PID控制算法中各个方程的增益因数,以便平衡利益冲突,即桨距调整系统的响应性与桨距调整系统所执行的工作量。较低增益可减少工作量,由此降低损坏系统的风险,但也降低系统响应性,由此导致系统所无法充分响应的较高极端载荷。较高增益可增加系统的响应性,由此导致较低极端载荷,但也使工作量增加,由此增加损坏系统的风险。

[0005] 因此,所属领域需要用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的改进方法和装置。确切地说,允许针对变化的操作条件对桨距调整系统控制器以及关联控制算法进行特别定制的方法和装置将是有利的。

发明内容

[0006] 本发明的方面和优点将在以下描述中部分阐明,或者可以从描述中清楚,或者可以通过实践本发明来了解。

[0007] 在一个实施例中,本发明涉及一种用于调整风力发电机中转子叶片桨距角的方法。所述方法包括:监测所述风力发电机的操作值(operational value);以及将所述操作值提供到控制器,所述控制器使用比例积分微分控制算法来对所述桨距角进行调整。所述方法进一步包括:当所述操作值在第一操作区域(operational region)内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第一增益值;以及当所述操作值在第二操作区域

内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第二增益值。所述第二增益值与所述第一增益值不同,并且所述第二操作区域与所述第一操作区域不同。

[0008] 在另一个实施例中,本发明涉及一种风力发电机。所述风力发电机包括:塔筒;安装在所述塔筒上的机舱;以及连接到所述机舱上的转子,所述转子包括轮毂和多个转子叶片。所述风力发电机进一步包括发电机和多个桨距调整机构,所述多个桨距调整机构中的每个连接到所述多个转子叶片中的一个上。所述风力发电机进一步包括控制器,其与所述多个桨距调整机构中的一个可操作地通信,所述控制器使用比例积分微分控制算法。所述控制器配置用于当所述风力发电机的操作值在第一操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第一增益值。所述控制器进一步配置用于当所述操作值在第二操作区域内时,将用于所述比例积分微分控制算法的增益因数调整成第二增益值。所述第二增益值与所述第一增益值不同,并且所述第二操作区域与所述第一操作区域不同。

[0009] 通过参照以下描述和所附权利要求书,将更好地理解本发明的这些和其他特征、方面及优点。附图并入本说明书中并构成本说明书的一部分,示出本发明的各实施例,并与描述一起用于阐述本发明的原理。

附图说明

[0010] 本说明书参照附图,针对所属领域中的普通技术人员,完整且可实现地公开了本发明,包括其最佳模式,在附图中:

[0011] 图 1 是根据本发明一个实施例的风力发电机的透视图;

[0012] 图 2 是根据本发明一个实施例的风力发电机中机舱的内部透视图;

[0013] 图 3 是示出根据本发明一个实施例的比例积分微分控制算法的框图;

[0014] 图 4 是示出根据本发明一个实施例的用于调整转子叶片桨距角的方法的框图;

[0015] 图 5 是示出根据本发明一个实施例的操作值随时间改变的图;

[0016] 图 6 是示出根据本发明一个实施例的增益因数基于操作值改变而改变的图;

[0017] 图 7 是示出根据本发明另一实施例的增益因数基于操作值改变而改变的图;

[0018] 图 8 是示出根据本发明另一实施例的增益因数基于操作值改变而改变的图;

[0019] 图 9 是示出根据本发明另一实施例的增益因数基于操作值改变而改变的图;以及

[0020] 图 10 是示出根据本发明另一实施例的增益因数基于操作值改变而改变的图。

具体实施方式

[0021] 现将详细参照本发明的各实施例,其一个或多个实例在附图中示出。每个实例借助阐述本发明的方式提供,而非对本发明进行限制。实际来说,所属领域中的技术人员将会清楚,在不背离本发明的范围或精神情况下,可以对本发明做出各种修改以及变化。例如,作为一个实施例的部分示出或描述的特征可以用于另一实施例中以得到又一实施例。因此,本发明旨在覆盖所附权利要求书和其等效物范围内的此类修改以及变化。

[0022] 图 1 示出风力发电机 10 的一个实施例的透视图。如图所示,风力发电机 10 包括:塔筒 12,其从支撑表面 14 延伸;机舱 16,其安装到塔筒 12 上;以及转子 18,其连接到机舱 16 上。转子 18 包括可转动的轮毂 20 并且包括至少一个转子叶片 22,所述转子叶片 22 连接到轮毂 20 上并从轮毂 20 向外延伸。例如,在所示实施例中,转子 18 包括三个转子叶片

22。而在替代实施例中，转子 18 可以包括多于或少于三个的转子叶片 22。每个转子叶片 22 可以围绕轮毂 20 间隔开来，以便促使转子 18 转动，从而使得风的动能能够转化成为可用机械能并随后转化成为电能。例如，轮毂 20 可以可转动地连接到定位在机舱 16 内的发电机 24（图 2）上，以允许产生电能。

[0023] 如图所示，风力发电机 10 还可包括处于机舱 16 中央的涡轮控制系统或涡轮控制器 26。然而，应当了解，涡轮控制器 26 可设置在风力发电机 10 上或风力发电机 10 中的任何位置、可设置在支撑表面 14 上的任何位置，或一般可设置在其他任何位置。涡轮控制器 26 通常可以配置用于控制风力发电机 10 的各种操作模式（例如，开机或关机序列）和 / 或部件。例如，控制器 26 可以配置用于通过调整至少一个转子叶片 22 相对风的角度位置，而来控制转子叶片 22 中每个的叶片桨距或桨距角（即，确定转子叶片 22 相对风向 28 的角度（perspective）的角）以控制转子叶片 22 上的负载。例如，通过将合适控制信号 / 命令传送到风力发电机 10 内的各种变桨驱动器或桨距调整机构 32（图 2），涡轮控制器 26 可以单独或同时控制多个转子叶片 22 的桨距角。确切地说，转子叶片 22 可以通过一个或多个变桨轴承（未示出）而可转动地安装到轮毂 20 上，从而通过使用桨距调整机构 32 使转子叶片 22 绕其变桨轴 34 转动，以便对桨距角进行调整。另外，随着风向 28 改变，涡轮控制器 26 可以配置用于控制机舱 16 围绕偏航轴 36 的偏航方向，以便相对风向 28 定位转子叶片 22，从而控制作用在风力发电机 10 上的载荷。例如，涡轮控制器 26 可以配置用于将控制信号 / 命令传送到风力发电机 10 的偏航驱动机构 38（图 2），以使机舱 16 可以围绕偏航轴 30 转动。

[0024] 应当了解，涡轮控制器 26 通常可以包括计算机或任何其他合适处理单元。因此，在若干实施例中，涡轮控制器 26 可以包括配置用于执行各种计算机实现的功能的一个或多个处理器及关联存储装置。本说明书所用术语“处理器”不仅是指包括在计算机中的所属领域中所谓的集成电路，还指控制器、微控制器、微计算机、可编程逻辑控制器（PLC）、专用集成电路以及其他可编程电路。另外，涡轮控制器 26 的存储装置和 / 或变桨控制器 30 通常可以包括一个或多个存储元件，包括（但不限于）计算机可读介质（例如，随机存取存储器（RAM）、非易失性计算机可读介质（例如，闪存）、软盘、压缩光盘只读存储器（CD-ROM）、磁光盘（MOD）、数字通用光盘（DVD）和 / 或其他合适存储元件。此类存储装置通常可以配置用于存储合适的计算机可读指令，当由一个或多个处理器实现时，所述计算机可读指令对控制器 26 进行配置以便执行各种计算机实现的功能，包括（但不限于）执行比例积分微分（“PID”）控制算法，其中包括一个或多个 PID 控制回路内的各种计算；以及各种其他合适的计算机实现的功能。另外，涡轮控制器 26 还可包括各种输入 / 输出通道，以用于从传感器和 / 或其他测量装置接收输入并且用于将控制信号发送到风力发电机 10 的各种部件。

[0025] 另外，应当了解，控制器可以是单一的控制或包括各种部件，如变桨控制器和 / 或偏航控制器，所述部件与中央控制器通信来实现对变桨和偏航的特定控制，如本说明书中所讨论。另外，术语“控制器”也可涵盖计算机、处理单元和 / 或彼此通信的相关部件的组合。

[0026] 现在参照图 2，示出风力发电机 10 机舱 16 的一个实施例的简化内视图。如图所示，可将发电机 24 设置在机舱 16 内。通常来说，发电机 24 可以连接到风力发电机 10 的转子 18 上，以便通过由转子 18 产生的转动来产生电力。例如，转子 18 可以包括主转子轴 40，所述主转子轴 40 连接到轮毂 20 上以便与其一起转动。随后，发电机 24 可以连接到转

子轴 40 上,这样,转子轴 40 的转动就会驱动发电机 24。例如,在所示实施例中,发电机 24 包括发电机轴 42,所述发电机轴 42 穿过齿轮箱 44 可转动地连接到转子轴 40 上。然而,在其他实施例中,应当了解,发电机轴 42 可以直接可转动地连接到转子轴 40 上。或者,发电机 24 可以直接可转动地连接到转子轴 40 上(通常称作“直接驱动式风力发电机”)。

[0027] 应当了解,转子轴 40 通常可由定位在风力发电机塔筒 12 顶部上的支撑框架或底座 46 支撑在机舱内。例如,转子轴 40 可以通过安装到背板 46 的一对轴台而由背板 46 支撑。

[0028] 另外,如上文所示,涡轮控制器 26 还可定位在风力发电机 10 的机舱 16 内。例如,如所示实施例所示,涡轮控制器 26 设置在安装到机舱 16 一部分上的控制柜 52 内。然而,在其他实施例中,涡轮控制器 26 可以设置在风力发电机 10 上和 / 或内的任何其他合适位置处,或设置在远离风力发电机 10 的任何合适位置处。另外,如上文所讨论,涡轮控制器 26 还能可通信地连接到风力发电机 10 中的各种部件上,以便总体控制风力发电机和 / 或此类部件。例如,涡轮控制器 26 能够可通信地连接到风力发电机 10 的偏航驱动机构 38 上,以便控制和 / 或更改机舱 16 相对于风向 28 (图 1)的偏航方向。类似地是,涡轮控制器 26 还能通过变桨控制器 30 来可通信地连接到风力发电机 10 的每个桨距调整机构 32(其中一个被示出)上,以便控制和 / 或更改转子叶片 22 相对风向 28 的桨距角。例如,涡轮控制器 26 可以配置用于将控制信号 / 命令发送到每个桨距调整机构 32,以使桨距调整机构 32 的一个或多个致动器(未示出)可以用于相对轮毂 20 转动叶片 22。

[0029] 如所讨论,控制器 26 可以控制转子叶片 22 的桨距调整。通过使用 PID 控制算法可至少部分促进此种控制。例如,控制器 26 可以针对每个单独转子叶片 22 或者针对一组转子叶片 22 运行 PID 控制回路。如通常所了解,PID 控制算法包括通用控制回路反馈机制,其广泛用于处理应用中,以便计算“误差”作为测量出的过程值(PV)(例如,当前桨距角)与所需设定点值(SP)(例如,所需桨距角)之间的差值。因此,通过使用 PID 控制回路,可使控制器 26 配置用于通过调整过程控制输入来最小化误差。

[0030] 例如,图 3 是 PID 控制算法的框图,所述 PID 控制算法是众所周知的并且无需在本说明书中进行详细阐述。通常,PID 控制算法涉及三个单独参数:比例(P)、积分(I)和微分(D)值。通过将这些值组合来提供根据时间从 PID 控制回路输出的受控变量(CV)。在时间境域中,比例(P)值(也称为“增益”)对 CV 输出做出改变:与设定点(SP)和过程(PV)值之间的当前误差值($e(t)$)乘以可调比例增益因数 K_p 成比例:

$$[0031] \quad P_{out} = K_p e(t)$$

[0032] 积分(I)值(也称为“复位值”)对 CV 输出做出改变:通过对误差随时间积分并将值乘以可调积分增益因数 K_i ,与误差的量值和持续时间成比例:

$$[0033] \quad I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

[0034] 积分(I)项促使过程朝向设定点,并且消除仅比例控制器所发生的固有稳态误差。

[0035] 微分(D)值(也称为“比率”)对 CV 输出做出改变:为误差随时间的斜率乘以可调微分增益因数 K_d 的函数:

$$[0036] \quad D_{\text{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

[0037] 微分(D)项减慢控制器输出的变化率,并且降低由积分(I)项所产生的过冲量值。

[0038] 通过对比例(P)、积分(I)和微分(D)项求和来计算PID控制器的CV输出(u(t)):

$$[0039] \quad u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

[0040] 如下文所讨论,通过按照过程的特定要求调整不同增益因数(K_p、K_i、K_d)来“调谐”控制算法,从而实现最佳控制响应。

[0041] 如所讨论,需要的是用于调整转子叶片22桨距角的改进方法和装置,从而允许对控制器26和关联控制算法的特别定制。因此,本发明进一步涉及用于调整转子叶片22桨距角的方法,并且涉及包括能够进行此类操作的控制器26的风力发电机10。此类方法允许基于在风力发电机操作过程中检测到的操作值来调整控制算法中所用的增益因数,以使得各种增益级别可有利地用于合适的操作条件。例如,低增益可以用于转子叶片22过载风险低的操作条件,高增益可以用于转子叶片22过载风险高的操作条件,并且中等增益可以用于转子叶片22过载风险为中等的操作条件。

[0042] 例如,根据本发明的方法可以包括监测风力发电机10的一个或多个操作值,如图4的步骤100所示。合适的操作值例如包括风速、风向、湍流强度、发电机转子速度、发电机转子加速度以及在风力发电机10操作过程中所产生的负载信号(其可例如因风速、风向、湍流强度等而产生)。另外,可以使用其他合适的操作值,如其他合适天气条件和/或各种风力发电机部件的其他合适操作条件。可以使用各种传感器对操作值提供此类监测。例如,图2示出天气传感器60和加速度计62。合适的天气传感器60例如包括光探测与测距(“LIDAR”)装置、声探测与测距(“SODAR”)装置、风速计、风向标、气压计以及雷达装置(如多普勒雷达装置)。此类天气传感器60能够监测与天气条件相关的各种操作值,如风速、风向和湍流强度。如图2进一步示出,加速度计62安装到发电机24的转子64上。因此,加速度计62能够监测发电机转子加速度。根据需要或要求可使用其他合适的传感器来监测其他合适的操作值。

[0043] 如图4的步骤102所示,根据本发明的方法可以进一步包括将操作值提供到控制器26。例如,用于监测操作值的各种传感器可以与控制器26通信,如通过无线或有线通信,并且由此可提供此类操作值。

[0044] 如所讨论,控制器26可以使用PID算法调整各个转子叶片22的桨距角。因此,根据本发明的方法可以包括基于操作值来调整一个或多个增益因数K_p、K_i、K_d。例如,每个操作值和对其所做改变可与转子叶片22过载风险相关。随后,可以基于操作值的改变来调整增益因数K_p、K_i、K_d,以便使用合适的增益因数K_p、K_i、K_d,从而与所关联的转子叶片22过载风险相适。应当了解,如上文所讨论,根据本发明的增益因数是用于PID算法中的乘数。应当进一步了解,如下文所讨论,增益值是用作PID算法中的增益因数的数值。

[0045] 例如,如图4所示,根据本发明的方法可以包括:当一个或多个操作值在第一操作区域122内时,如步骤104中所示,将一个或多个增益因数K_p、K_i、K_d调整为相应的第一增益值120,如步骤106中所示。例如,图5示出在经设定的示例性时间段中的操作值的图。如图所示,各个时间段中,在图形表示中是转子64加速度的操作值处于第一操作区域122

内。第一操作区域 122 是与大体低的转子叶片 22 过载风险相关联的区域,并且通常是涵盖在风力发电机 10 正常稳定操作过程中的操作级别的区域。图 6 示出增益因数基于操作值的改变而改变的图。如图所示,根据本发明,当操作值在第一操作区域 122 内时,可以将增益因数调整为并且保持在第一增益值 120。

[0046] 在所示一些实施例中,第一增益值 120 可为 1。然而,替代地,可将高于或低于 1 的任何合适的值用作第一增益值 120。

[0047] 如图 4 进一步示出,根据本发明的方法可以包括:当一个或多个操作值在第二操作区域 126 内时,如步骤 108 中所示,将一个或多个增益因数 K_p 、 K_i 、 K_d 调整为相应第二增益值 124,如步骤 110 中所示。第二增益值 124 与关联第一增益值 120 不同,并且第二操作区域 126 与关联第一操作区域 122 不同。在一些实施例中,第二增益值 124 可以大于关联第一增益值 120,而在其他实施例中,第二增益值 124 可以小于关联第一增益值 120。类似地是,在一些实施例中,第二操作区域 126 可以大于关联第一操作区域 122,而在其他实施例中,第二操作区域 126 可以小于关联第一操作区域 122。例如,图 5 示出在经设定的示例性时间段中的操作值的图。如图所示,各个时间段中,在图形表示中是转子 64 加速度的操作值处于第二操作区域 126 内。第二操作区域 126 是与大体高的转子叶片 22 过载风险相关联的区域。在所示图中,第二操作区域 126 是涵盖高转子 64 加速度级别的区域。图 6 示出增益因数基于操作值的改变而改变的图。如图所示,根据本发明,当操作值在第二操作区域 126 内时,可以将增益因数调整为并且保持在第二增益值 124。

[0048] 在图 5 和 6 中,第二增益值 124 大于关联第一增益值 120,并且第二操作区域 126 大于第一操作区域 122。图 7 至 10 示出其他各种实施例。在所示一些实施例中,第二增益值 124 可以是第二增益值范围。第二增益值 124 范围可以从第一增益值 120 延续,例如从正好高于或低于第一增益值 120 的值延续,并且在一些实施例中可以进一步包括第一增益值 120,从而提供增益值的大体连续绘图。然而,替代地,第二增益值 124 可为任何合适的值或任何合适的值范围。

[0049] 在如图 7 和 9 所示的一些实施例中,第二增益值 124 或增益值 124 范围大于第一增益值 120。在如图 8 和 10 所示的其他实施例中,第二增益值 124 或增益值 124 范围小于第一增益值 120。尽管图 7 至 10 所示实施例示出第二操作区域 126 大于第一操作区域 122,但应了解,在其他实施例中,第二操作区域 126 可以小于第一操作区域 122。

[0050] 在所示一些实施例中,第二增益值 124 可在约 2 与约 4 之间。然而,替代地,可将高于约 4 或低于约 2 的任何合适的值用作第二增益值 124。

[0051] 如图 4 进一步示出,根据本发明的方法可以包括:当一个或多个操作值在第三操作区域 130 内时,如步骤 112 中所示,将一个或多个增益因数 K_p 、 K_i 、 K_d 调整为相应第三增益值 128,如步骤 114 中所示。第三增益值 128 与关联第一增益值 120 不同,并且可以进一步与关联第二增益值 124 不同。第三操作区域 130 与关联第一操作区域 122 和第二操作区域 126 不同。在一些实施例中,第三增益值 128 可以小于关联第一增益值 120,而在其他实施例中,第三增益值 128 可以大于关联第一增益值 120。另外,在一些实施例中,第三增益值 128 可以小于关联第二增益值 124,而在其他实施例中,第三增益值 128 可以大于关联第二增益值 124。类似地是,在一些实施例中,第三操作区域 130 可以小于关联第一操作区域 122,而在其他实施例中,第三操作区域 130 可以大于关联第一操作区域 122 并且小于关联

第二操作区域 126,而在另外其他实施例中,第三操作区域 130 可以大于关联第二操作区域 126。例如,图 5 示出在经设定的示例性时间段中的操作值的图。如图所示,各个时间段中,在图形表示中是转子 64 加速度的操作值处于第三操作区域 130 内。第三操作区域 130 是与大体中等的转子叶片 22 过载风险相关联的区域。在所示图中,第三操作区域 130 是涵盖高转子 64 减速度级别的区域。图 6 示出增益因数基于操作值的改变而改变的图。如图所示,根据本发明,当操作值在第三操作区域 130 内时,可以将增益因数调整为并且保持在第三增益值 128。

[0052] 在一些实施例中,第三增益值 128 可以是第三增益值范围,如图 6 至 10 所示。在如图 6 所示的一些实施例中,第三增益值 128 范围可以在第一增益值 120 与第二增益值 124 之间延续,例如从正好高于第一增益值 120 的值延续到正好低于第二增益值 124 的值,并且在一些实施例中可以进一步包括第一增益值 120 和第二增益值 124,从而提供增益值的大体连续绘图。在如图 7 至 10 所示的其他实施例中,第三增益值 128 范围可以从第一增益值 120 延续,例如从正好高于或低于第一增益值 120 的值延续,并且在一些实施例中可以进一步包括第一增益值 120,从而提供增益值的大体连续绘图。然而,替代地,第三增益值 128 可为任何合适的值或任何合适的值范围。

[0053] 在图 5 和 6 中,第三增益值 128 或增益值 128 范围大于关联第一增益值 120 并且小于第二增益值 124,并且第三操作区域 130 大于第一操作区域 122 并且小于第二操作区域 126。在如图 7 和 10 所示其他实施例中,第三增益值 128 或增益值 128 范围小于第一增益值 120。另外,在图 7 中,第三增益值 128 范围小于第二增益值 124 范围,而在图 10 中,第三增益值 128 或增益值 128 范围大于第二增益值 124 或增益值 124 范围。在如图 8 和 9 所示其他实施例中,第三增益值 128 或增益值 128 范围小于第一增益值 120。另外,在图 8 中,第三增益值 128 范围小于第二增益值 124 范围,而在图 9 中,第三增益值 128 或增益值 128 范围小于第二增益值 124 或增益值 124 范围。尽管图 8 至 9 所示实施例示出第三操作区域 130 小于第一操作区域 122,但应了解,在其他实施例中,第三操作区域 130 可以大于第一操作区域 122,并且可任选地大于第二操作区域 126。

[0054] 另外,应当了解,第一增益值以及任何其他合适增益值根据需要或要求而可以是单个值或值范围。

[0055] 另外,应当了解,本发明不限于三个增益值和操作区域,相反,任何合适数目的值和区域都在本发明的范围和精神内。

[0056] 应当注意,用于根据本发明方法的增益因数可为比例增益因数 K_p 、积分增益因数 K_i 或微分增益因数 K_d 。

[0057] 在示例性实施例中,根据本发明的方法可以进一步包括调整一个或多个转子叶片 22 的桨距角,如图 4 的步骤 116 所示并且如上文所讨论。

[0058] 本发明进一步涉及一种使用 PID 控制算法的控制器 26,并且涉及一种使用此种控制器 26 的风力发电机 10。根据本发明的控制器 26 可以配置用于:当操作值在第一操作区域 122 内时,将一个或多个增益因数 K_p 、 K_i 、 K_d 调整为第一增益值 120;当操作值在第二操作区域 126 时,将一个或多个增益因数 K_p 、 K_i 、 K_d 调整为第二增益值 124;并且可任选地,当操作值在第三操作区域 130 内时,将一个或多个增益因数 K_p 、 K_i 、 K_d 调整为第三增益值 128,如上文所讨论。控制器 26 可与一个或多个桨距调整机构 32 可操作地通信,并且因此可以

根据需要或要求来可操作地对一个或多个转子叶片 22 进行变桨。

[0059] 本说明书使用实例来公开本发明、包括最佳模式,同时也使所属领域中的任何技术人员都能够实践本发明、包括制造并使用任何装置或系统并且执行所涵盖的任何方法。本发明的专利保护范围由权利要求书界定,并且可以包括所属领域中的技术人员所想出的其他实例。如果此类其他实例包括的结构元素与权利要求书的字面意义相同,或者如果此类其他实例包括的等效结构元素与权利要求书的字面意义并无实质差别,那么此类其他实例也在权利要求书的范围内。

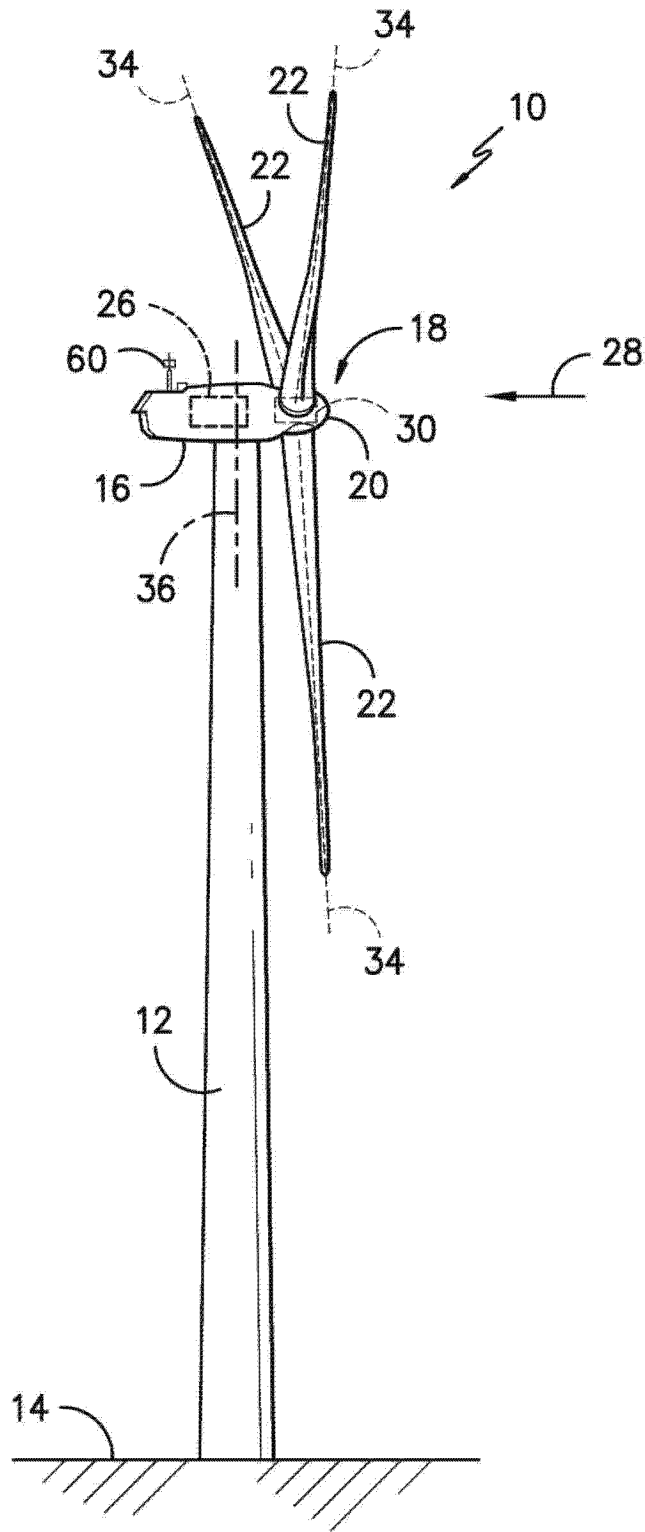


图 1

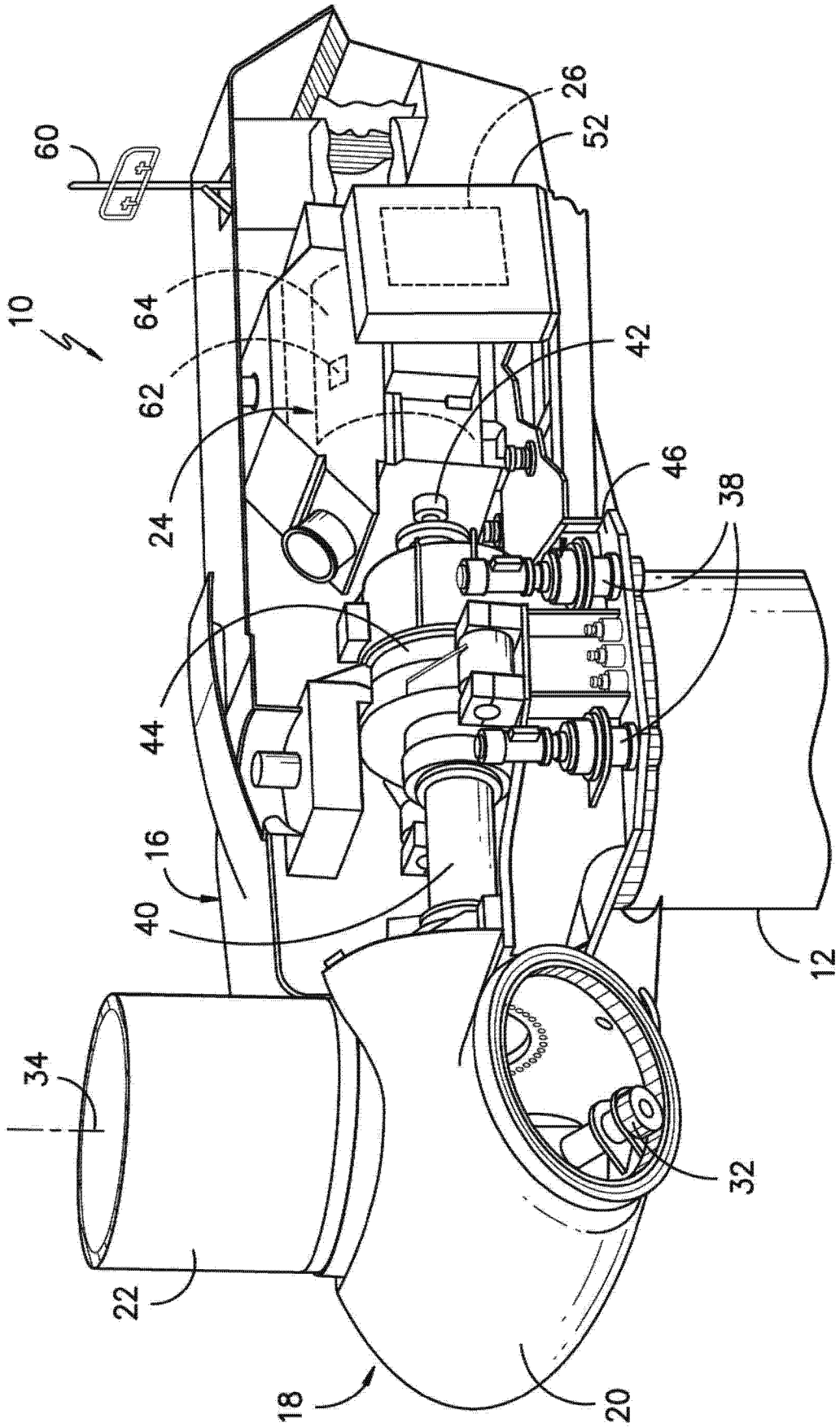


图 2

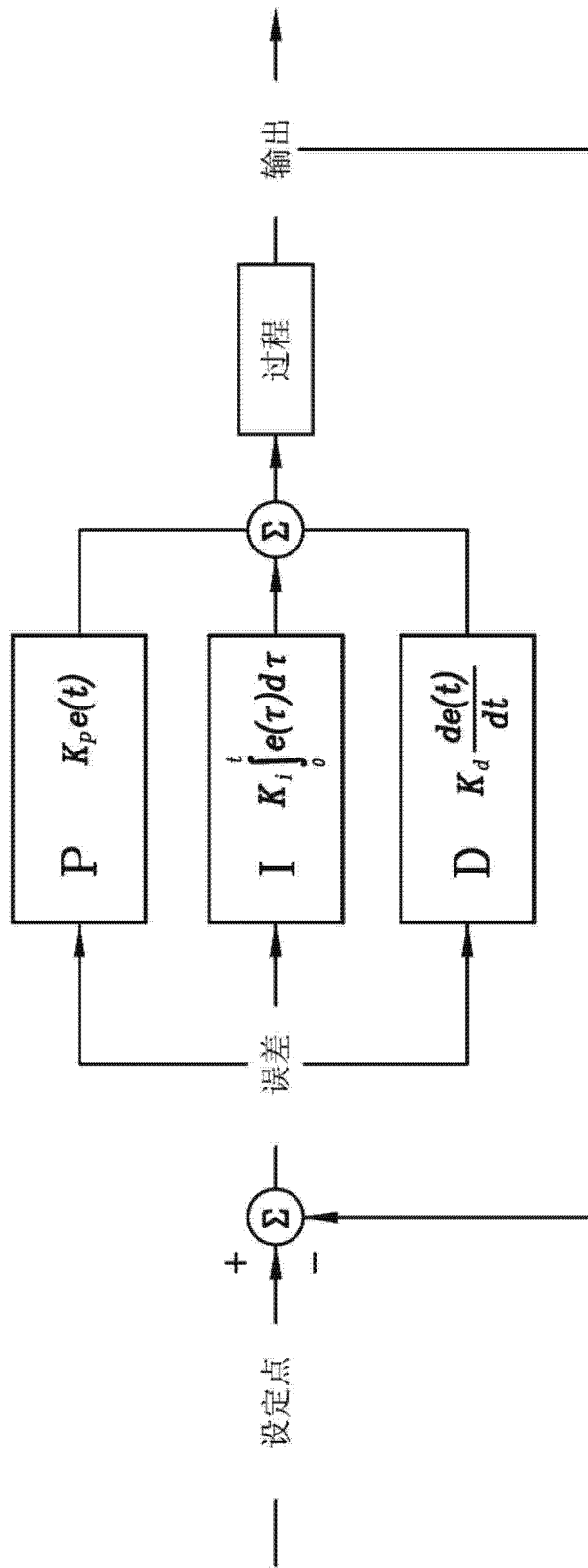


图 3

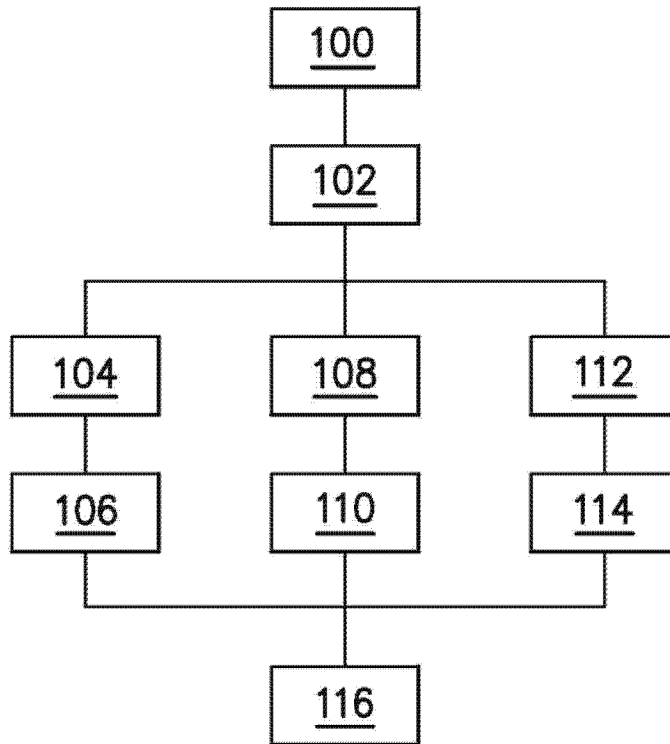


图 4

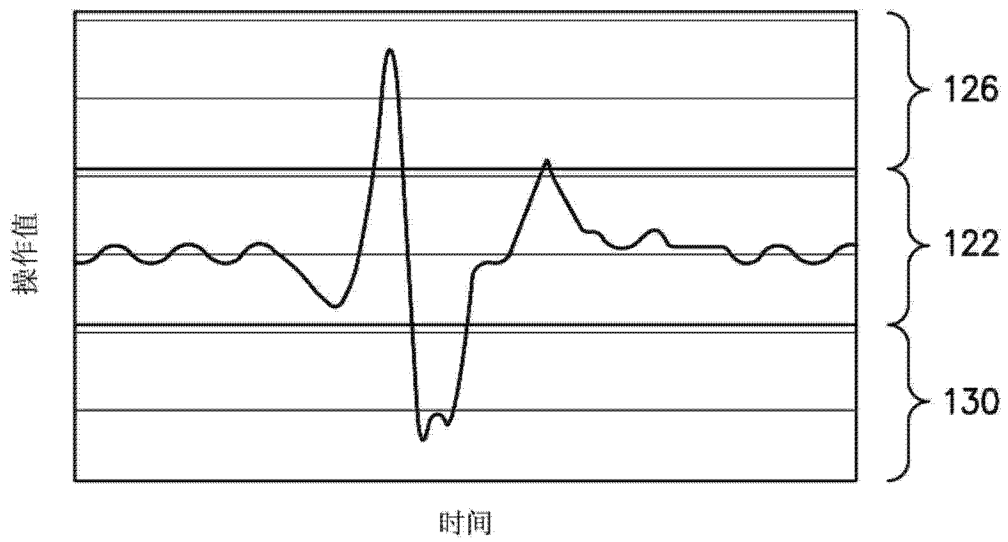


图 5

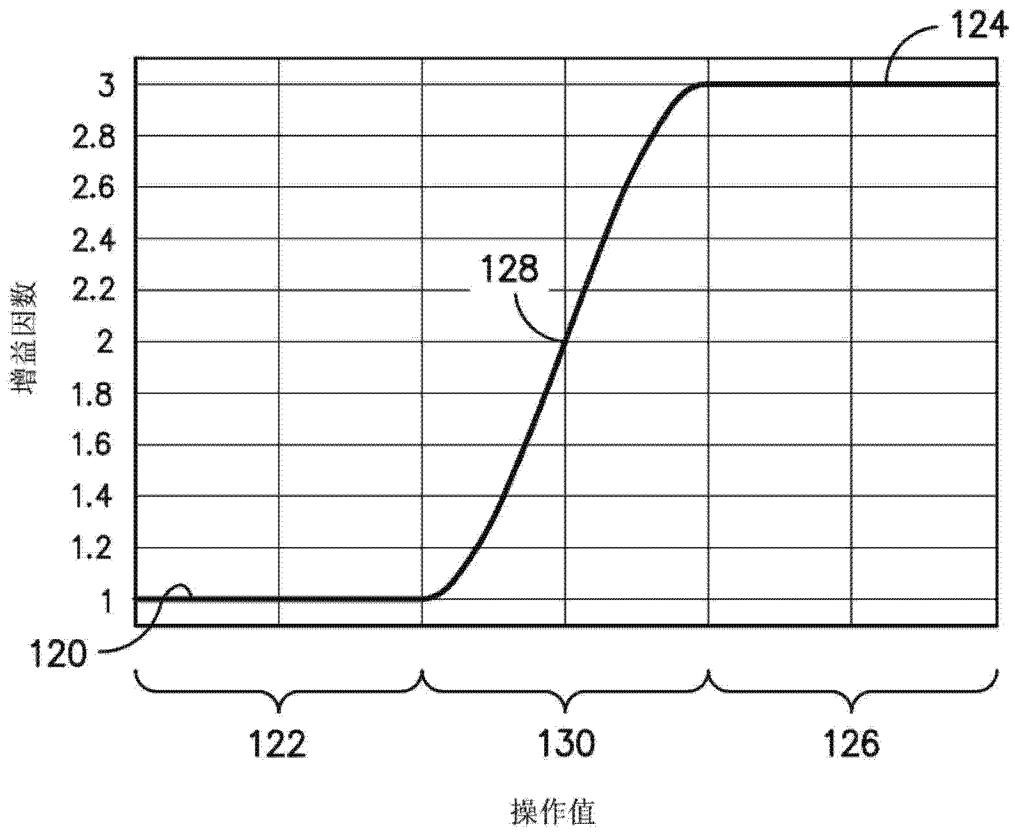


图 6

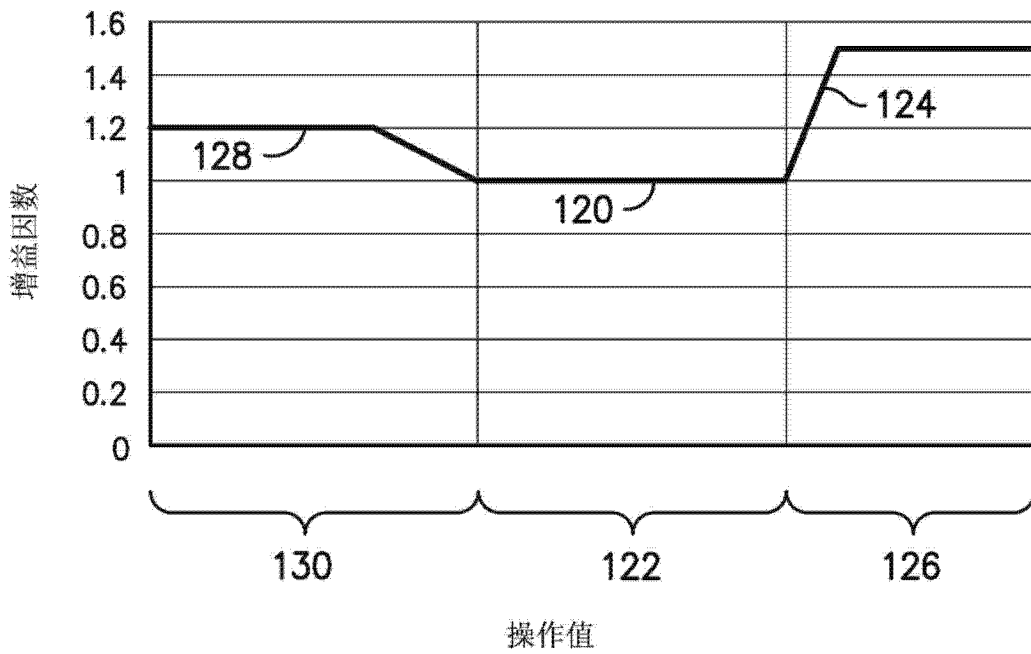


图 7

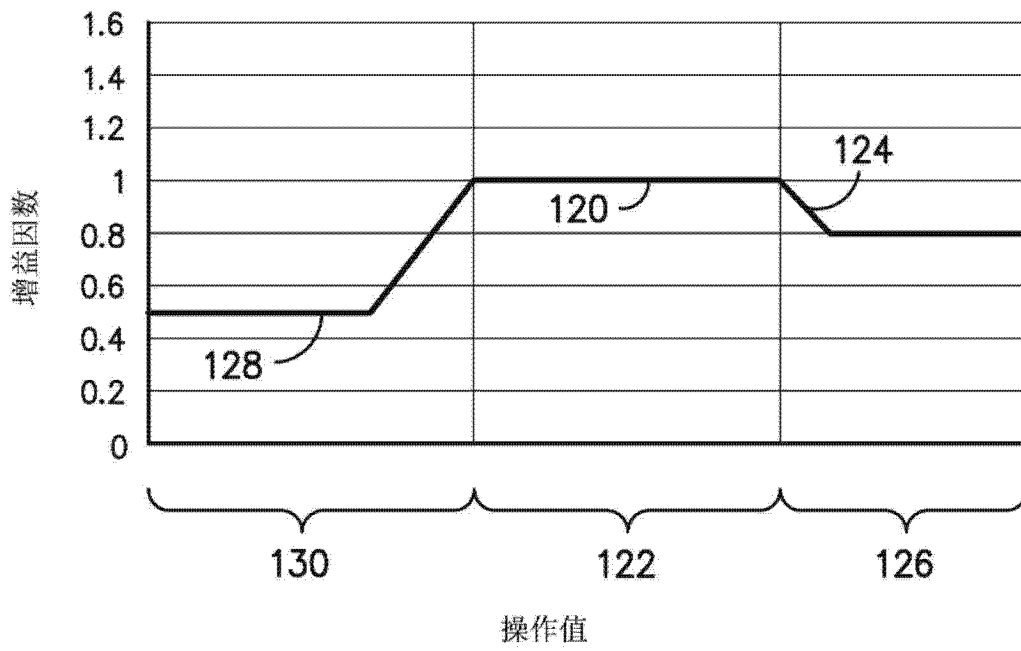


图 8

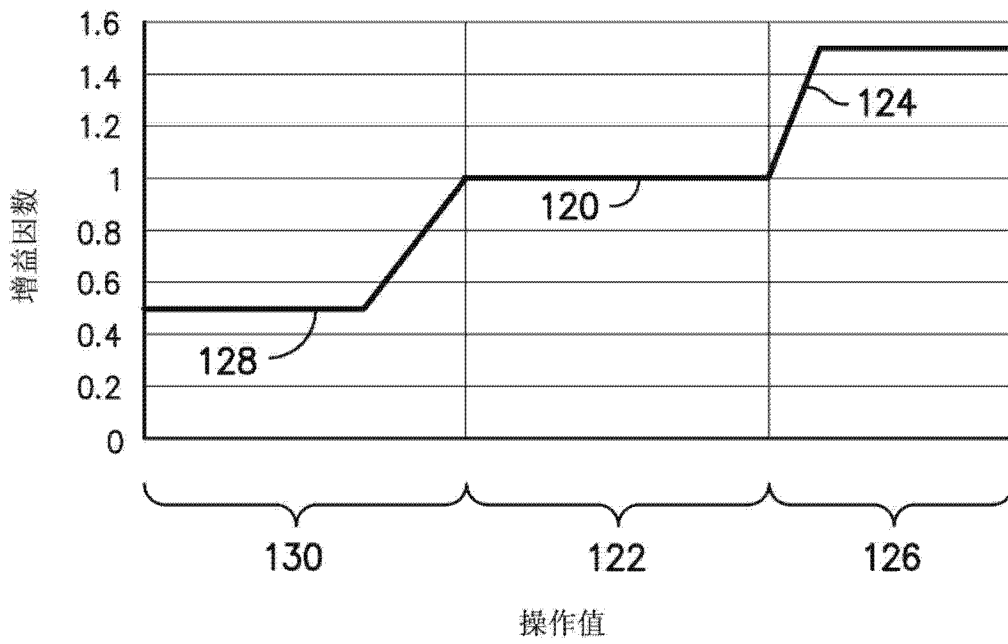


图 9

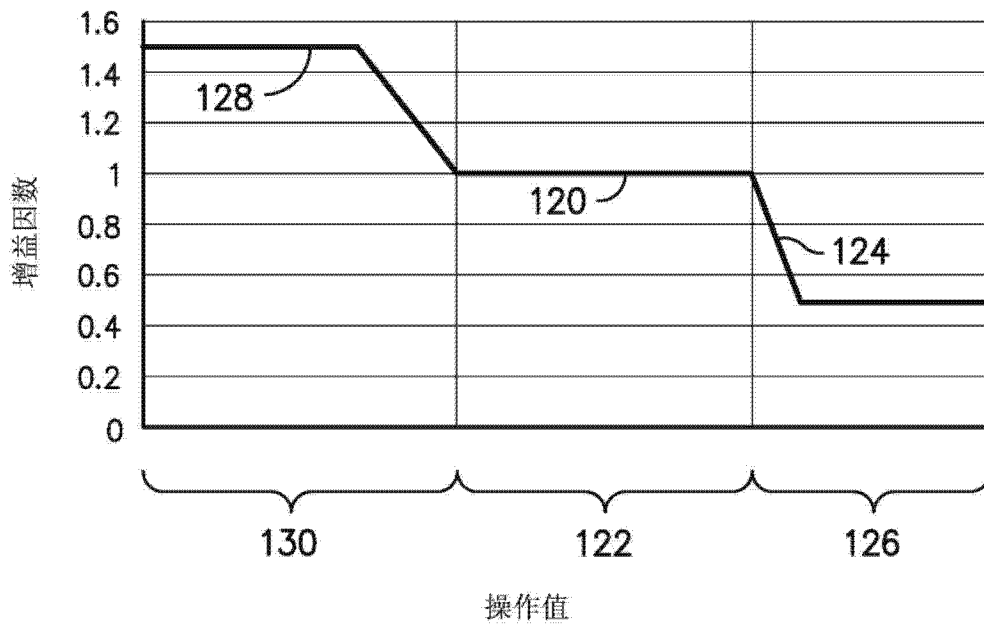


图 10