(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103154433 B
(45)授权公告日 2017.06.06

(21)申请号 201180046419.5

(22)申请日 2011.09.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103154433 A

(43)申请公布日 2013.06.12

(30)优先权数据
102010046849.5 2010.09.29 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.03.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/066419 2011.09.21

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/041745 EN 2012.04.05

(73)专利权人 汉堡-哈尔堡技术大学
地址 德国汉堡
专利权人 图泰克创新有限公司

(72)发明人 M·斯泰德尔 E·克罗伊策

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
代理人 王茂华

(51)Int.Cl.
E21B 44/00(2006.01)

审查员 白玉兰

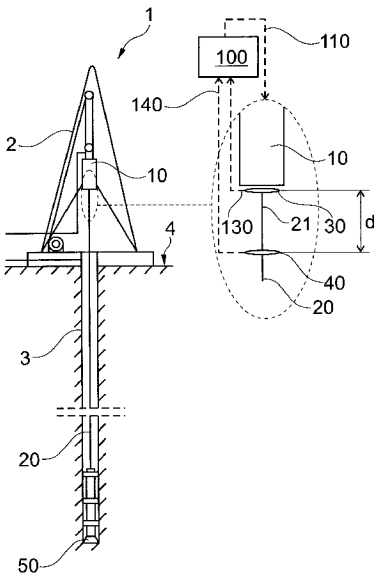
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

细长连续介质中的振动具体为深孔钻柱中的扭转振动的基于传感器的控制

(57)摘要

控制钻井作业的控制设备(100)以及方法，通过该方法所讨论连续介质的动态可以被分成重叠波，其中向致动器和/或驱动器(10)的方向行进的波由该致动器补偿。这防止了致动器上能量的反射。通过使用两个传感器(30,40)，可以彼此单独地计算朝向致动器(10)行进的波和远离致动器(10)行进的波，使得朝向致动器行进的波的参数和远离致动器行进的波的参数都可以被确定以便能够在此基础上执行钻柱(20)的驱动设备的控制。



CN 103154433 B

1.一种钻具,具有

钻驱动器(10),

钻柱(20),以及

用于细长连续介质中的扭转振动的基于传感器的控制的控制设备,其中所述控制设备包括:

第一输入接口(131),用于接收要连接的第一传感器的第一角状态数据,

第二输入接口(141),用于接收要连接的第二传感器的第二角状态数据,

输出接口(111),用于将控制值输出到要连接的用于连续介质的所述钻驱动器,

控制电路(150),其被设计用于基于所述第一角状态数据,以及所述第二角状态数据,以及所述要连接的第一传感器(30)与所述要连接的第二传感器(40)之间的距离,借助波动方程和用于杆中的扭转振动的模型来将所述控制值输出到所述输出接口(111),

其中所述第一传感器(30)被布置为与所述钻驱动器(10)相隔一段距离,所述距离实质上对应于扭转振动波在所述钻柱(20)上的传播速率与所述钻驱动器(10)的控制延迟的乘积,以及所述第二传感器(40)被布置在所述第一传感器下游的距离(d)处。

2.根据权利要求1所述的钻具,其中所述第一角状态数据是角速度数据,并且所述第二角状态数据是角速度数据。

3.根据权利要求1所述的钻具,其中所述控制设备包括用于提供第一测量数据的第一传感器(30),以及用于提供第二测量数据的第二传感器(40),其中所述第一传感器连接到所述第一输入接口(131),并且所述第二传感器连接到所述第二输入接口(141)。

4.根据权利要求1-3中的任一项所述的钻具,

其中所述钻驱动器连接到所述钻柱的一侧用于驱动后者,

其中所述第一传感器(30)和所述第二传感器(40)在所述钻柱上相隔距离(d)布置,其中所述钻驱动器(10)连接到所述控制设备(100)的输出接口(111)。

5.根据权利要求1所述的钻具,其中所述第一传感器(30)和所述第二传感器(40)布置在所述钻柱(20)位于地平面(4)上方的区域内。

6.根据权利要求1所述的钻具,其中所述钻柱相对于所述第一传感器(30)和所述第二传感器(40)是轴向可移动的。

7.根据权利要求1所述的钻具,其中所述钻具是深孔钻具。

8.一种用于基于传感器的控制细长连续介质中的扭转振动的方法,具有:

提供钻驱动器(10),

提供钻柱(20),

接收要连接的第一传感器的第一角状态数据,

接收要连接的第二传感器的第二角状态数据,

基于所述第一角状态数据,以及所述第二角状态数据,以及所述要连接的第一传感器(30)与所述要连接的第二传感器(40)之间的距离,借助波动方程和用于钻柱中的扭转振动的模型来将控制值输出到连接到连续介质的钻驱动器,

布置所述第一传感器(30)为与所述钻驱动器(10)相隔一段距离,所述距离实质上对应于扭转振动波在所述钻柱(20)上的传播速率与所述钻驱动器(10)的控制延迟的乘积,以及

布置所述第二传感器(40)在所述第一传感器下游的距离(d)处。

9.根据权利要求8所述的钻具，其中所述第一角状态数据是角速度数据，并且所述第二角状态数据是角速度数据。

10.一种用于基于传感器的控制细长连续介质中的扭转振动的设备，包括：

钻驱动器(10)，

钻柱(20)，

用于接收要连接的第一传感器的第一角状态数据的部件，

用于接收要连接的第二传感器的第二角状态数据的部件，以及

用于基于所述第一角状态数据、以及所述第二角状态数据、以及所述要连接的第一传感器(30)与所述要连接的第二传感器(40)之间的距离、借助波动方程和用于钻柱中的扭转振动的模型来将控制值输出到连接到连续介质的所述钻驱动器的部件，

其中所述第一传感器(30)被布置为与所述钻驱动器(10)相隔一段距离，所述距离实质上对应于扭转振动波在所述钻柱(20)上的传播速率与所述钻驱动器(10)的控制延迟的乘积，以及所述第二传感器(40)被布置在所述第一传感器下游的距离(d)处。

11.根据权利要求10所述的钻具，其中所述第一角状态数据是角速度数据，并且所述第二角状态数据是角速度数据。

细长连续介质中的振动具体为深孔钻柱中的扭转振动的基于传感器的控制

技术领域

[0001] 本发明涉及细长连续介质中的振动的基于传感器的控制，尤其涉及深孔钻柱中的扭转振动的基于传感器的控制以便防止扭转振动。

背景技术

[0002] 振动能够由波动方程描述，波动方程通常适用于细长连续介质。该振动的示例包括弦的振动、杆的轴向振动或扭转振动。由于小的直径长度比，长的细长连续介质格外易受扭转振动的影响，尤其当力矩经由连续介质传递时。这发生在许多类型的(例如，具有长驱动轴的)技术装备中。一种特别极端的情况发生在深孔钻柱上，其用于钻取天然气或石油，也用于地热工程。因为整个钻柱长达数千米，因此，由于其外直径仅有几厘米的事实，其直径长度比经常小于人类头发的直径长度比。图1示意性地示出了深孔钻柱的结构。例如，该钻柱由置于钻柱上端的顶部驱动器致动器驱动。所谓的钻头(即，一种尖端焊有工业级钻石的钻头，其粉碎岩石)位于钻柱下端。强扭转振动(所谓的粘滑振动)可以由于在外部沿钻柱作用的力矩而在钻柱中发生，然而尤其因为在岩石与钻头之间发生的非线性摩擦特性。当钻头停止而驱动器继续以恒定速度转动时，这些效应显示在钻头中。这引起钻柱的严重扭曲，直至钻头上的力变得大到使得钻头再次脱落。在钻头脱落之后，其速度通常达到驱动器速度量的两倍，并且钻柱在超出其平衡位置的另一个方向上转动。其结果是钻头再次停止。这些振动是不期望的，因为它们使钻井作业放慢并且导致钻杆上额外的重负载。

[0003] 控制这些扭转振动长久以来一直是机械领域的研究课题。迄今为止所有尝试控制扭转振动的方法总是以下面缺点中的至少一个为特征。

[0004] 一方面，沿整个钻柱的测量必须是可利用的。在这些测量的基础上，可以确定钻柱动态的有效模式。使用得到的模式表示，继而有用于衰减扭转振动的各种方法。来自文献的示例，包括E.Kreuzer and O.Kust,A nalysis of long torsional strings by proper orthogonal decomposition,Archive of Applied Mechanics 67(1996),no.1,68-80,以及在Proceedings of Applied Mathematics and Mechanics,2010上公布的E.Kreuzer and M.S teidl,A Wave-Based Approach to Adaptively Control Self-Excited Vibrations in Drill-Strings。在构成迄今在Institute of Mechanics and Ocean Engineering的现有技术水平的Kreuzer、Steidl中，瞬时的有效模式转换为行波以补偿顶部驱动器处的行波。为此，首先，沿整个钻柱的测量是必要的，其次，连续控制是不可能的，而替代地，只有用于稳定钻柱的前馈控制是可能的。如果钻柱在所期望的目标速度附近的范围内是不稳定的，则此方法是不适用的。

[0005] 另一方面，钻柱的动态不是完全已知的。因此，该控制不能够针对瞬时系统性能来进行专门设计，并且相应地，该方法作用得好坏，取决于实际的动态。针对此的文献包括J.D.Jansen and L.Van den Steen,Active damping of self-excited torsional vibrations in oil well drillstrings,Journal of Sound and Vibration 179(1995),

647-668,以及R.W.Tucker and C.Wang,On the effective control of torsional vibrations in drilling systems,Journal of Sound and Vibration 224(1999),101-122。各种源提到由Jansen和Van den Steen提出的所谓的“阻抗控制系统”或“软力矩系统”(其使用电机电流和电机电压的测量值以借助致动器来实现被动衰减吸振器的特性)目前正在使用。由Tucker和Wang提出的方法使用在钻柱与顶部驱动器之间的“接触力矩”的测量值。使用此方法比其他方法更好地吸收一些频率。

[0006] 不能使用从现有技术知晓的这些系统来控制奇异扰动(例如,由脱落引起的波前)。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的可以被认为是最小化深孔钻柱中的振动,尤其是扭转振动。

[0008] 本发明涉及根据独立权利要求的振动的基于传感器的控制、相应的方法、计算机程序以及计算机可读存储介质,以及示例性实施例体现在从属权利要求中。

[0009] 根据本发明的示例性实施例,提供了用于细长连续介质中的扭转振动的基于传感器的控制的控制设备,其中该控制设备包括第一输入接口,用于接收第一角状态数据,尤其是要连接的第一传感器的角速度数据;第二输入接口,用于接收第二角状态数据,尤其是要连接的第二传感器的角速度数据;输出接口,用于将控制值输出到要连接的用于连续介质的驱动器;以及控制电路,其被设计用于基于波动方程和用于杆中扭转振动的模型来向输出接口输出控制值,该控制值基于第一角状态数据,尤其是角速度数据,以及第二角状态数据,尤其是角速度数据,以及要连接的第一传感器与要连接的第二传感器之间的距离。

[0010] 可以用于此控制的致动器可以是顶部驱动电机,其位于钻柱的上端。振动的成因可能位于钻头处或沿钻柱上。因此,例如,钻头可能堵塞或者沿钻柱的位置可能堵塞。角状态数据,尤其角速度数据可理解为允许确定在相应传感器位置处的钻柱角速度的数据。该数据可以包括(例如来源于光学传感器的)脉冲,使用沿钻柱范围上给定数量的脉冲发生器,有可能从脉冲推导出角速度。尤其是,可以提供换能器,其输出值允许通过积分来确定角速度。通过已经明确求得的比例值或测量值,角速度数据当然也可以直接表明角速度。

[0011] 根据本发明的示例性实施例,提供了控制设备,使得控制设备包括用于提供第一测量数据的第一传感器以及用于提供第二测量数据的第二传感器,第一传感器连接到第一输入接口并且第二传感器连接到第二输入接口。

[0012] 根据本发明的示例性实施例,提供了钻具,其具有致动器、钻驱动器、钻柱以及上面类型的用于细长连续介质中的扭转振动的基于传感器的控制的创造性的控制设备,使得钻驱动器连接到钻杆的一侧用于其驱动,并且第一传感器和第二传感器布置在钻杆上,其相距为d,使得钻驱动器连接到控制设备的输出接口。

[0013] 因此,仅仅两个均靠近致动器(即驱动器)布置的传感器便足以检测相关动态以及稳定整个系统。扭转振动,尤其是粘滑振动,能够得到比在过去已经有可能的更有效地控制。此外,此方法很便宜,因为仅需要两个传感器并且不需要沿钻柱的测量。由于此控制方案,钻柱处于更少的负载之下并且可以更加快速地执行钻井。该控制概念能够与深孔钻探系统一起使用,而不需要对所使用系统的详细了解。

[0014] 根据本发明的示例性实施例,提供了钻具,其中第一传感器和第二传感器布置在

钻柱在地平面上方的区域内。

[0015] 所述传感器以此方式保持为可访问的，并且整个测量和控制的布置可以被安排以便其是可易于访问的而不必接受对长信号通路的需要。此外，由于传感器与驱动器之间的干扰而可能发生的寄生效应能够被最小化。

[0016] 根据本发明的示例性实施例，提供了钻具，其中，第一传感器被布置在与钻驱动器相隔一段距离处，该距离本质上对应于扭转振动波在钻柱上的传播速率与钻驱动器的控制延迟的乘积，以及第二传感器被布置在钻柱上第一传感器下游的d距离处。

[0017] 致动器的控制延迟能够以此方式来补偿。如果有必要，该距离也可以将其他延迟因素考虑在内。换言之，例如，当上行波仍在钻柱的第一传感器与致动器之间的部分上传播时，控制值已经通过对于上行波的实时控制输出到致动器控制，使得影响致动器的控制干预能够在与波到达致动器非常接近的时间点上发生。

[0018] 根据本发明的示例性实施例，提供了钻具，其中钻柱相对于第一传感器和第二传感器是轴向可移动的。

[0019] 钻柱能够以这样的方式来掘进，而传感器可以在井架上相对于钻柱相对于井架的轴向运动保持静止固定位置。这尤其当驱动器特别是旋转驱动器也在井架上保持静止位置以与传感器保持恒定距离时是合适的，并且钻柱在旋转驱动期间连续地移动，例如由于下面的爪式布置。

[0020] 根据本发明的示例性实施例，提供了钻具，其中钻具是深孔钻具。

[0021] 即使在深钻，尤其是离岸或地热钻井中，也可以以此方式来实施创造性的控制。

[0022] 根据本发明的示例性实施例，提供了一种用于细长连续介质中的扭转振动的基于传感器的控制的方法，包括以下步骤：接收第一角状态数据，尤其是要连接的第一传感器的角速度数据；接收第二角状态数据，尤其是要连接的第二传感器的角速度数据；以及基于第一角状态数据(尤其是角速度数据)以及第二角状态数据(尤其是角速度数据)以及要连接的第一传感器与要连接的第二传感器之间的距离，借助波动方程和用于钻柱中的扭转振动的模型来将控制值输出到要连接的用于连续介质的驱动器。

[0023] 尽管理论上是可能的，出于成本的原因，通常不执行沿钻柱的测量，并且很少的数据能够从柱的输出发射。引起扭转振动的外部影响因此通常是不可测量的，以及沿钻柱的当前振动状态也是未知的。创造性的方法能够吸收所有的相关频率并且另外，仅角状态数据(尤其是角速度数据)的测量是必需的。

[0024] 根据本发明的示例性实施例，提供了一种计算机程序，当其由处理器执行时，其被设计用于实施根据本发明的方法。

[0025] 根据本发明的示例性实施例，提供了一种计算机可读介质，其上存储根据本发明的计算机程序。

[0026] 本发明的的重要思想在于所讨论连续介质的动态被分成两个重叠波，使得向致动器和/或驱动器的方向行进的波由该致动器补偿。按照这种方式，防止了致动器上能量的反射并且系统表现得如同其超过致动器向无限远延伸。通过使用两个传感器，可以单独地计算朝向致动器行进的波和远离致动器行进的波，使得临近波的参数和远离波的参数都可以被确定以便能够在此基础上控制钻柱的驱动器。

[0027] 应该指出的是，下面描述的本发明的实施例能够同样地应用于所述设备、方法、计

算机程序以及计算机可读存储介质。

[0028] 单个特点当然可以互相结合，使得在一些情况中还可以获得超越单个效果之和的有利效果。

[0029] 通过参考以下所描述的示例性实施例来解释和说明本发明的这些及其他方面。

附图说明

[0030] 下面参考附图来描述示例性实施例。

[0031] 图1示出了由钻柱、传感器以及驱动器构成的钻探设备的基本设计。

[0032] 图2示出了用于计算行进的振动波的动态系统的控制电路。

具体实施方式

[0033] 图1示出了由钻柱、传感器以及驱动器构成的钻探设备的总体设计。图1中所示的用于钻探的设备1具有井架2，井架2上提供了致动器(钻驱动器10)，使用钻驱动器10可以驱动钻柱20来转动钻头50(也被称为钻头(bit))，其附接到钻柱20的另一端，钻柱20位于钻孔3中。在图1中以放大形式再次示出了上部区域。钻驱动器10(例如，电动机)驱动钻柱20，钻柱20上布置有传感器，这里即两个传感器30、40。这些传感器30、40用于确定测量的变量，该变量允许确定角状态数据，尤其是钻柱20在相应传感器位置处的角速度。传感器以彼此相距为d而布置，在中间具有钻柱区域21。传感器将其相应的测量信号经过相应的信号线130、140传递到控制器100。基于这些信号，在控制器100中，对测量信号求解以将控制信号经由控制信号线110传递到钻驱动器10。

[0034] 图2示出了用于计算行进的振动波的动态系统的控制电路。图2中示出的控制设备100包括第一输入接口131，用于接收第一角状态数据，尤其是要连接的第一传感器的角速度数据；第二输入接口141，用于接收第二角状态数据，尤其是要连接的第二传感器的角速度数据；以及输出接口111，用于将控制值输出到要连接的用于连续介质和/或钻柱的驱动器；接口连接到控制电路150，控制电路150被设计用于基于第一角状态数据(尤其是角速度数据)和第二角状态数据(尤其是角速度数据)以及第一传感器30与第二传感器40的距离，借助波动方程和用于杆中的扭转振动的模型，将控制值输出到输出接口111。继而能够使用此控制值(例如，角速度)来控制电机和/或致动器10。

[0035] 具有钻驱动器10、钻柱20以及用于钻柱和/或细长连续介质中的扭转振动的基于传感器的控制的控制设备的钻具1具有在钻柱20上相距为d的第一传感器30和第二传感器40，使得钻驱动器10连接到控制设备100的输出接口111。第一传感器30和第二传感器40布置在钻柱20位于地平面4上方的区域内，使得这些传感器是可访问的。距离d应该至少和钻柱上振动波的波速与采样率的商一样大。在1000Hz的采样率和2000m/s的波速下，该距离应该因此至少是2米。采样率越高，传感器的间距就会越小。如果第一传感器布置在与钻驱动器10相隔一段距离处，该距离本质上对应于钻柱20上的扭转振动波c的传播速率与钻驱动器10的控制延迟的乘积，以及第二传感器40布置在第一传感器下游的距离d处，则加速波直至到达驱动器的渡越时间延迟可以恰好补偿其控制延迟。在设计第一传感器与驱动器的距离时，当然也可以包括其他延迟变量。钻柱相对于第一传感器30和第二传感器40可以是可轴向移动的，例如，通过将轴向移动的脉冲发生器或其他位置标记应用到轴向延伸的钻柱

上。

[0036] 后面将会解释求值，尤其参照图2，其中相同的附图标记表示相同或相似的元件。

[0037] 在图1和图2的基础上，下面描述了用于创造性的控制设备和各自的方法的理论性原理，示出了由波动方程所描述的细长连续介质(例如，钻柱)的动态(尤其是不想要的振动)如何能够基于两个传感器被分解成以两个相反方向行进的波。使用这种分解，有可能设计出一种控制方法，该控制方法补偿以位于系统末端的致动器的方向行进的波。以这种方式，防止了波反射进系统，并且大部分能量能够从不想要的振动中收回。同时，系统中的振动是如何引起的以及一个或多个系统模式是否被激发在此是无关的。此外，尽管该控制方法使整个系统稳定，但是传感器可以被安装得非常靠近于致动器。用这里描述的控制方法，上面所提到的两个问题都能够得到解决。虽然不再需要沿钻柱的测量，但是同时能够从被安装得非常靠近于驱动器的两个传感器来精确地计算与该控制方法相关的动态。因此，该控制方法正好适合当前的系统行为。在钻柱的情况下，因为沿钻柱发生的负载通常是未知的并且在钻井作业的过程中是高度变化的，所以控制器适应瞬时系统行为是至关重要的。对于钻柱的情况，需要两个传感器来直接在驱动器上以及在驱动器下方一小段距离(例如2米)测量钻柱的扭转角度和/或角速度(参见图1中的细节)。两个测量点位于地面区域的上方，因此是易于访问的。

[0038] 该控制方法的思想基于这样一个事实，即扭转波的传播速率是无穷的。此外，所讨论波的传播速率独立于其频率。由波动方程描述了杆中的扭转振动：

[0039] $(\delta\hat{}2\phi(x,t))/(\delta t)\hat{}2=c\hat{}2(\delta\hat{}2\phi(x,t))/(\delta x)\hat{}2.$ (1)

[0040] 该波动方程的通解是

[0041] $\phi(x,t)=f(x-ct)+g(x+ct),$ (2)

[0042] 其中$\phi(x,t)$是作为长度坐标x的函数的扭转角度，参数c是波在物质中的传播速度。$c\hat{}2=G/\rho$成立，其中G是剪切模量且ρ是物质的密度。

[0043] 令所讨论结构的长度为1e，并且该结构的短的部分$0<x<1$应被认为是在下方，并且此外，$1e>1$。假定在所讨论部分内没有外部作用的力矩。另外，转动速率的测量$\Omega(x=0)=\Omega 0$应该在点$x=0$处，并且转动速度的测量$\Omega(x=1)=\Omega 1$应该在点$x=1$处。这里选择传感器间距d为1。然而，通过适当的缩放，所有其他间距d也是有可能的。假定测量是连续可用的并且没有噪声。这些测量可以被解释为所讨论部分的时变边界条件。另外，定义参数τ，使得

[0044] $c\tau=1$和/或$\tau=1/c$ (3)

即，τ对应于波在两个测量点之间的传播时间。从通解开始并且定义速度波$\alpha:=-\frac{\partial}{\partial t}(x-ct)$和$\beta:=\frac{\partial}{\partial t}(x+ct)$(将通解代入时变边界条件)：

[0045] $\Omega 0(t)=\alpha(-ct)+\beta(+ct),$ (4)

[0046] $\Omega 1(t)=\alpha(1-ct)+\beta(1+ct).$ (5)

[0047] 基于已知的传播速率，结合等式(3)，下列关系成立：

[0048] $\alpha(1-ct)=\alpha(-c(t-\tau)),$ (6)

[0049] $\beta(c(t-\tau))=\beta(1+c(t-2\tau)).$ (7)

[0050] 从等式(4)和等式(7)得出：

[0051] $\Omega 0(t-\tau)=\alpha(-c(t-\tau))+\beta(1+c(t-2\tau))$. (8)

[0052] 这转而得出

[0053] $\alpha(-c(t-\tau))=\Omega 0(t-\tau)-\beta(1+c(t-2\tau))$. (9)

[0054] 如果现在考虑用于Ω1(t)的等式,则结合等式(6)得出

[0055] $\Omega 1(t)=\alpha(1-ct)+\beta(1+ct)=\alpha(-c(t-\tau))+\beta(1+ct)$. (10)

[0056] 将等式(9)代入等式(10),最终得出

[0057] $\Omega 1(t)=\Omega 0(t-\tau)-\beta(1+c(t-2\tau))+\beta(1+ct)$. (11)

[0058] 这表明β(1+ct)能够作为两个测量值Ω0和Ω1以及其在过去2τ的状态的函数而计算得出:

[0059] $\beta(1+ct)=\Omega 1(t)-\Omega 0(t-\tau)+\beta(1+c(t-2\tau))$. (12)

[0060] 如果初始值是已知的,例如,因为系统从静止位置启动,φ(x,0)=0以及Ω(x,0)=0,则得出

[0061] $\alpha(x=0,t=0)=0$, (13)

[0062] $\alpha(x=1,t=0)=0$, (14)

[0063] $\beta(x=0,t=0)=0$, (15)

[0064] $\beta(x=1,t=0)=0$. (16)

[0065] 相应地,α(x=0,t)、α(x=1,t)、β(x=0,t)以及β(x=1,t)能够使用测量值Ω0和Ω1来确定。

[0066] 为了计算寻找的变量,从上面的等式获得图2中所示出的动态系统。这里,附图中所示的两个传输项是具有延迟τ的延迟元件。为了简化起见,以下等式成立:

[0067] $\alpha(x=0,t)=\alpha 0$,

[0068] $\alpha(x=1,t)=\alpha 1$,

[0069] $\beta(x=0,t)=\beta 0$,

[0070] $\beta(x=1,t)=\beta 1$.

[0071] 在实时计算机中使用两个测量的角速度Ω0和Ω1作为输入对此系统进行模拟。实时在此理解为指边界条件,其中一种控制和/或调节方法的循环贯通时间(loop run-through)短于采样率的两个连续采样值。加速波$\beta 0=\Omega ctrl$继而用于控制致动器的目标速度并且因此在致动器中得以补偿,从而从振动中收回能量。

[0072] 在钻柱的情况下,该系统不是按照零速度而是按照固定转速来调节,该固定转速要由车间的操作员根据普遍情况来进行适配。相应地,不想要的扭转振动不在零速度附近而在期望的转速附近发生。因此,借助具有很低截止频率的高通滤波器将由上述系统产生的信号进行滤波,使得控制系统能够用于各种转速以及/或者还可以用于两个转速之间的切换。此外,在理论部分描述的、用于连续可用传感器信号的系统在现实系统的实施中有必要被离散化,即,传感器数据仅在时间上的离散时刻是可用的。虽然这可能导致在此所描述的动态系统中的甚高频噪声,但是能够通过使用适合的具有很高截止频率的低通滤波器来轻易地将其滤掉。与钻柱的动态相关的频率范围保持不受滤波器的影响并且被完全保留。

[0073] 例如,一种功能性实施例可以具有可由例如具有10米的长度的钻柱型号来实现的钻柱。具有25比特的插值分辨率和/或12比特的物理分辨率的角度传感器可以用作传感器。控制器可以使用四核处理器和LabView RealTime在PC上以软件形式实施。

[0074] 应该指出的是，除了被用于深孔钻探技术，本发明还可以与其他驱动几何体一起使用，其中在这些驱动几何体中预期有扭转振动。

[0075] 应该指出的是，术语“包括”不排除另外的元件或方法步骤，术语“一(a)”或“一(an)”也不排除使用多个元件和步骤。

[0076] 在此所使用的附图标记仅用于增强理解而并不应该被认为是限制性的，因此本发明的保护范围通过权利要求书来反映。

[0077] 附图标记的列表

1 钻探设备

2 井架

3 钻孔

4 地平面

10 钻驱动器

20 钻柱

21 钻柱范围

30 第一传感器

40 第二传感器

[0078] 50 钻头

100 控制器

110 触发信号线

111 输出接口

130 第一测量信号线

131 第一输入接口

140 第二测量信号线

141 第二输入接口

150 控制电路

d 距离 d

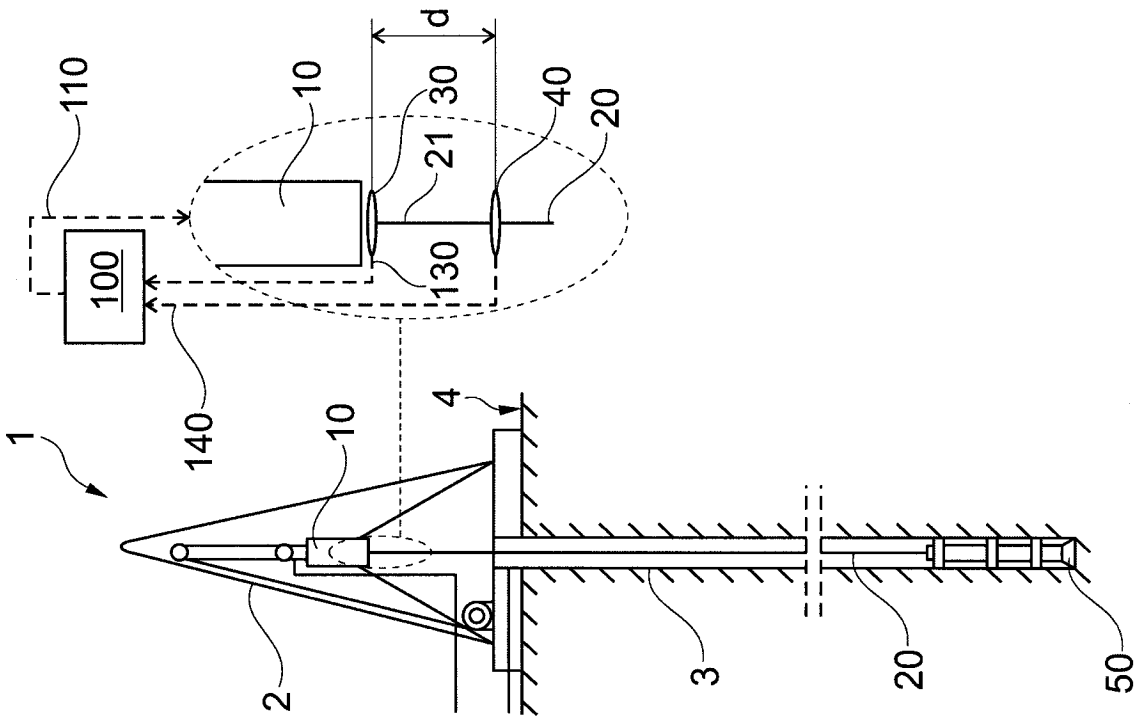

d
110
10
30
40
20
21
100
130
140
4
1
10
2
3
20
50

图1

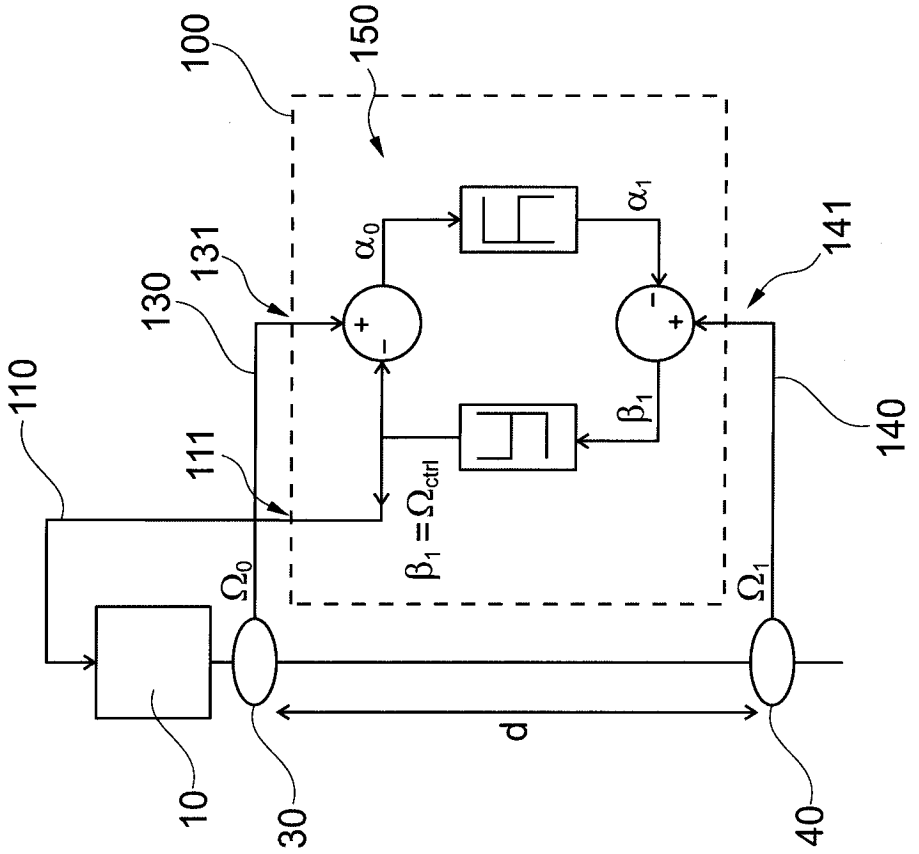

100
150
α_0
α_1
131
130
141
110
β_1
140
111
$\beta_1 = \Omega_{ctrl}$
Ω_0
Ω_1
d
10
30
40

图2