



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111417841 A

(43)申请公布日 2020.07.14

(21)申请号 201880076994.1

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

(22)申请日 2018.11.13

责任公司 11219

(30)优先权数据

102017129036.2 2017.12.06 DE

代理人 穆森 戚传江

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.05.28

(51)Int.Cl.

G01F 1/84(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01N 11/16(2006.01)

PCT/EP2018/081070 2018.11.13

G01N 9/00(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

G01F 15/02(2006.01)

W02019/110251 DE 2019.06.13

(71)申请人 恩德斯+豪斯流量技术股份有限公司

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

地址 瑞士, 赖纳赫

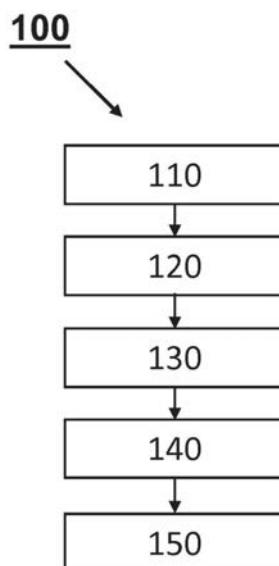
(72)发明人 朱浩 贝恩德-约瑟夫·沙费尔

(54)发明名称

通过科里奥利质量流量计确定介质粘度的方法和执行该方法的科里奥利质量流量计

(57)摘要

本发明涉及一种用于通过科里奥利质量流量计确定介质粘度的方法(100)，该方法包括以下步骤：借助于相对于测量管的纵向对称地布置的激励器，以对称弯曲振动使用模式激励(110)质量流量计的至少一个测量管的弯曲振动。其中，测量管用于在测量管的入口开口和出口开口之间引导介质；检测(120)中央振动传感器的传感器信号，其中，中央振动传感器相对于测量管的纵向对称地布置；检测(130)入口侧上的振动传感器和出口侧上的振动传感器的传感器信号，其中，相对于测量管的纵向，入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称地布置；确定(140)中央振动传感器的传感器信号与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器上的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟。根据所述相位关系或时间延迟确定(150)介质的粘度。



1. 一种用于借助于科里奥利质量流量计确定介质粘度的方法(100),包括:

借助于相对于测量管的纵向对称地布置的激励器,以对称弯曲振动期望模式激励(110)所述质量流量计的至少一个测量管的弯曲振动,其中,所述测量管用于在所述测量管的入口开口和出口开口之间引导所述介质;

检测(120)中央振动传感器的传感器信号,其中,所述中央振动传感器相对于所述测量管的纵向对称地布置;

检测(130)入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号,其中,相对于所述测量管的纵向,所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称地布置;

确定(140)所述中央振动传感器的传感器信号与所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟;以及

根据所述相位关系或时间延迟确定(150)所述介质的粘度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述中央振动传感器的传感器信号与所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟的所述确定包括:

借助于所述中央振动传感器确定所述激励器的位置处的所述测量管的零交叉的时间点;

确定所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的位置处的所述测量管的零交叉的时间点;以及

确定所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的零交叉的平均时间点与所述测量管中心的所述测量管的零交叉的时间点之间的时间延迟。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述粘度被计算为所述相位关系或时间延迟的函数,所述函数尤其包括多项式。

4. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,所述相位关系或延迟对所述介质的密度具有交叉敏感性,所述介质的密度测量值基于所述弯曲振动期望模式的振动频率——尤其是期望模式固有频率——来确定,并且在确定所述粘度时考虑所述交叉敏感性。

5. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,首先基于所述相位关系或延迟来计算表观质量流量测量值,然后基于所述表观质量流量测量值确定所述粘度。

6. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,以零的质量流率确定所述粘度。

7. 一种科里奥利质量流量计(2),尤其是用于执行根据前述权利要求中的一项所述的方法,包括:

被安装成能够振动的至少一个测量管(A),用于在所述测量管的入口侧开口和所述测量管的出口侧开口之间引导介质;

至少一个激励器(8),用于以对称弯曲振动期望模式激励所述测量管(A)的弯曲振动,其中,所述激励器相对于所述测量管的纵向对称地布置,即,布置在测量管中心;

至少一个中央振动传感器(17),其中,所述中央振动传感器相对于所述测量管的纵向对称地布置,即,布置在所述测量管中心;

至少一个入口侧振动传感器(14)和至少一个出口侧振动传感器(16),其中,相对于所述测量管的纵向,所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称

地布置;和

运算与评估电路(18),所述运算与评估电路(18)被配置成:

发射激励器信号,用于驱动所述激励器以对称弯曲振动期望模式激励所述测量管的弯曲振动;

检测所述中央振动传感器的传感器信号;

检测所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的传感器信号;

确定所述中央振动传感器的传感器信号与所述入口侧振动传感器和所述出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟;以及

根据所述相位关系或时间延迟确定所述介质的粘度。

8.根据权利要求7所述的科里奥利质量流量计,其中,所述至少一个测量管在所述至少一个测量管的静止位置弯曲。

9.根据权利要求7或8所述的科里奥利质量流量计,其中,所述相位关系或延迟对所述介质的密度具有交叉敏感性,

所述运算与评估电路被配置为:基于所述弯曲振动期望模式的振动频率——尤其是期望模式固有频率——来确定所述介质的密度测量值,以及

在确定所述粘度时考虑所述交叉敏感性。

10.根据权利要求7至9中的一项所述的科里奥利质量流量计,其中,所述运算与评估电路被配置为:首先基于所述相位关系或延迟来计算表观质量流量测量值,并且然后基于所述表观质量流量测量值来确定所述粘度。

通过科里奥利质量流量计确定介质粘度的方法和执行该方法的科里奥利质量流量计

技术领域

[0001] 本发明涉及用于借助于科里奥利质量流量计来确定介质粘度的方法以及用于执行该方法的科里奥利质量流量计。

背景技术

[0002] 所述类型的科里奥利质量流量计通常包括：被安装成能够振动的至少一个测量管，用于在测量管的入口侧开口与测量管的出口侧开口之间引导介质；至少一个激励器，该激励器用于以对称弯曲振动期望模式激励测量管的弯曲振动，其中，该激励器相对于测量管的纵向对称地布置——即，布置在测量管中心；至少一个入口侧振动传感器和至少一个出口侧振动传感器，其中，相对于测量管的纵向，入口侧和出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称地布置；和运算与评估电路，其被配置成发射激励信号以驱动激励器以对称弯曲振动期望模式激励测量管的弯曲振动，用于基于入口侧和出口侧振动传感器的信号来确定在入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的位置处的测量管的零交叉的时间点，以用于确定入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的零交叉的时间点与测量管中心的测量管的零交叉的时间点之间的相位关系或时间延迟。

[0003] 入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的信号具有对称分量，该对称分量对应于弯曲振动期望模式，并且在该分量上叠加了流量相关的反对称分量。包括第三中央振动传感器的科里奥利质量流量计是已知的，其中，中央振动传感器相对于测量管的纵向对称地布置。通过反复地比较一方面的入口侧振动传感器和出口侧振动传感器之间的相位关系，以及这些振动传感器之一的相应传感器信号与中央传感器的传感器信号之间的相位关系，可以监测质量流量计的振荡行为是否发生与流量测量有关的变化。这尤其在未审查的专利申请DE 10 2007 024 275A1和WO 98/52000 A2中进行了描述。

[0004] 除了质量流量外，科里奥利质量流量计还可以测量介质的密度和粘度。密度测量通常基于期望模式固有频率的测量来进行。可以通过弯曲振动期望模式的质量来获得粘度，例如，通过激励器输出与振荡幅度之比来获得。但是，精确的幅度测量对于科里奥利质量流量计而言是非常不典型的，因为必须随时间或频率确定必要的测量变量。因此，存在对粘度测量的关注，该粘度测量独立于幅度测量而进行。

发明内容

[0005] 因此，本发明的目的是提供一种借助于科里奥利质量流量计进行粘度测量的方法和用于执行该方法的科里奥利质量流量计。

[0006] 根据本发明，该目的通过根据独立权利要求1的方法和根据独立权利要求7的科里奥利质量流量计来实现。

[0007] 根据本发明的借助于科里奥利质量流量计确定介质粘度的方法包括：

[0008] 借助于相对于测量管的纵向对称地布置的激励器，以对称弯曲振动期望模式激励

质量流量计的至少一个测量管的弯曲振动,其中,测量管用于在所述测量管的入口开口和出口开口之间引导介质;

[0009] 检测中央振动传感器的传感器信号,其中,中央振动传感器相对于测量管的纵向对称地布置;

[0010] 检测入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号,其中,相对于测量管的纵向,入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称地布置;

[0011] 确定中央振动传感器的传感器信号与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟;以及

[0012] 根据该相位关系或时间延迟确定介质的粘度。

[0013] 在本发明的一种改进方案中,确定中央振动传感器的传感器信号与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟包括:

[0014] 借助于中央振动传感器确定激励器位置处的测量管的零交叉的时间点;

[0015] 确定入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的位置处的测量管的零交叉的时间点;以及

[0016] 确定入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的零交叉的平均时间点与测量管中心的测量管的零交叉的时间点之间的时间延迟。

[0017] 零交叉(zero crossing)是指相应的传感器移动通过其平衡位置。此时,测量管的振动能量基本上完全存在于动能中,从而使电动振动传感器的速度相关信号达到最大值。

[0018] 在本发明的改进方案中,粘度被计算为相位关系或时间延迟的函数,其中,该函数尤其包括多项式。优选借助于函数进行计算;原则上,也可以表格形式记录粘度值,从而将相应的粘度值分配给相位关系或时间延迟的特定间隔。还可以选择在表值之间进行插值。

[0019] 在本发明的改进方案中,相位关系或延迟对介质的密度具有交叉敏感性,其中,基于弯曲振动期望模式的振动频率,尤其是期望模式固有频率,来确定介质的密度测量值,并且其中,在确定粘度时考虑这种交叉敏感性。

[0020] 为此目的,例如,可以在弯曲振动期望模式的密度相关时段持续时间内使用多项式对时间延迟进行归一化,然后将归一化的时间延迟包括在粘度确定中。

[0021] 在本发明的改进方案中,首先基于相位关系或延迟来计算表观质量流量测量值,然后基于表观质量流量测量值确定粘度。

[0022] 在本发明的改进方案中,以零的质量流率确定粘度。

[0023] 一种根据本发明的尤其是用于执行根据本发明的方法的科里奥利质量流量计,包括:

[0024] 被安装成能够振动的至少一个测量管,用于在测量管的入口侧开口和测量管的出口侧开口之间引导介质;

[0025] 至少一个激励器,用于以对称弯曲振动期望模式激励测量管的弯曲振动,其中,该激励器相对于测量管的纵向对称地布置,即,布置在测量管中心;

[0026] 至少一个中央振动传感器,其中,该中央振动传感器相对于测量管的纵向对称地布置,即,布置在测量管中心;

[0027] 至少一个入口侧振动传感器和至少一个出口侧振动传感器,其中,相对于测量管的纵向方向,入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的位置相对于彼此对称地布置;和

- [0028] 运算与评估电路,其被配置为:
- [0029] 发射激励器信号,用于驱动激励器以对称弯曲振动期望模式激励测量管的弯曲振动;
- [0030] 检测中央振动传感器的传感器信号;
- [0031] 检测入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号;
- [0032] 确定中央振动传感器的传感器信号与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟;以及
- [0033] 根据该相位关系或时间延迟确定介质的粘度。
- [0034] 在本发明的改进方案中,至少一个测量管在其静止位置弯曲。
- [0035] 在本发明的改进方案中,运算与评估电路被配置为基于弯曲振动期望模式的振动频率,尤其是期望模式固有频率,来确定介质的密度测量值,以便在确定粘度时考虑相位关系或延迟对介质密度的交叉敏感性。
- [0036] 在本发明的改进方案中,运算与评估电路被配置为首先基于相位关系或延迟来计算表观质量流量测量值,然后基于表观质量流量测量值确定粘度。该过程的优点在于,运算与评估电路主要配置为计算质量流量测量值。因此,显而易见的选择是首先将现有处理路径上的相位关系或延迟转换为数字可用的表观质量流量测量值,并且然后将其用作确定粘度的基础。

附图说明

- [0037] 现在将基于附图中所示的示例性实施例说明本发明。示出的是:
- [0038] 图1:根据本发明的科里奥利质量流量计的示例性实施例的示意图;
- [0039] 图2:粘度作为表观质量流量的函数的图;和
- [0040] 图3:根据本发明的方法的示例性实施例的流程图。

具体实施方式

[0041] 图1示出了根据本发明的科里奥利质量流量计2的示例性实施例,其包括两个平行的测量管A,该两个测量管A在静止位置弯曲,在图中只能看到其中一个。可以将科里奥利质量流量计2插入管道(未示出)中,以使在管道中流动的介质能够流过两个测量管A和B。通过刚性承载管15彼此连接的分流器或集流器4、6设置在测量管A的入口侧和出口侧上。两个测量管A在入口侧和出口侧上通过对应耦合元件10、12机械地耦合,从而限定了在耦合元件10、12之间的测量管A的自由振动长度。测量管A具有弧形,该弧形延伸到承载管的外部并且通过焊接到承载管15的保护壳体13来保护免受环境条件的影响。

[0042] 电动激励器8布置在两个测量管A之间。在本实施例中,激励器8相对于测量管的纵向对称地被定位在测量管弧的顶点处,即,被定位在测量管的中心。两个测量管A和B可以通过激励器8相对于彼此周期性地偏转,使得它们执行弯曲振动。

[0043] 两个电动振动传感器14、16在每种情况下在测量管的入口侧和出口侧部分处在两个测量管A和B之间延伸。电动振动传感器包括柱塞线圈和永磁体。柱塞线圈布置在测量管上,永磁体被布置在相对的测量管上。由测量管振动引起的线圈和磁体的相对运动导致线圈位置处的磁通量的变化以及与其相关联的感应电压。这意味着两个振动传感器14、16可

以分别用于与速度成比例的电压信号的形式检测两个测量管A之间的距离的变化。每种情况下最初都是模拟测量信号。作为施加了对应激励电压的结果的激励器8的激励以及由振动传感器14、16提供的模拟测量信号的处理和评估通过适当设计的运算与评估电路18进行,该电路在图1中仅以方框示意性地示出。

[0044] 确定由振动传感器14、16形成的两个测量点之间的两个测量管A的振动的相位差 $\Delta\varphi(t)$,以便确定质量流率 $\dot{m}(t)$ 的测量值。如本领域技术人员所公知的,特别是可以根据该相位差 $\Delta\varphi(t)$ 如下确定管道中流动的流体的质量流率:

$$[0045] \dot{m}(t) := k \cdot \tan(\Delta\varphi(t) / 2) / (2\pi \cdot f),$$

[0046] 其中k是特定于相应测量设备的常数,f表示测量管的当前振动频率。

[0047] 为了确定相位差 $\Delta\varphi(t)$ 的离散值的序列 $\Delta\varphi_i = \Delta\varphi(t_i)$,运算与评估电路18从由振动传感器14、16提供的模拟测量信号中确定由两个振动传感器14、16形成的测量点处的两个测量管A、B的振动的相应相位信息 $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)$ 。为此,尤其是,通常由与振动测量管的相对速度相对应的传感器电压形成的、在每种情况下由振动传感器14、16提供的模拟测量信号可以以高采样频率——例如40kHz——进行采样。结果,获得具有测量值的时间序列的时间离散的一维测量信号。通常,还对序列的各个测量值进行量化,以便进行数字处理。此外,在本实施例中,每个测量信号被转换成由实分量 $R(t_i)$ 和虚分量 $I(t_i)$ 组成的分析信号。为此,例如可以以已知的方式并行使用具有90°相位差的两个滤波器。此外,本实施例规定,降低分析信号的数据速率。例如,这可以经由对应抽取阶段来完成。根据分析信号,如本领域技术人员所熟悉的,在相应的测量点处,可以分别获得两个测量管A、B的振动的(时间相关的)幅度信息 $A_1(t_i), A_2(t_i)$ 和(时间相关的)相位信息 $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)$ 。由振动传感器14、16形成的两个测量点之间的相位差 $\Delta\varphi_i = \Delta\varphi(t_i)$ 可以通过形成由两个振动传感器14、16检测到的振动的相位信息 $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)$ 的差来获得。由于本实施例中的信号处理基本上是以数字方式进行的,因此各个处理后的测量信号是时间离散的,使得在每种情况下参考特定的时间点 t_i 。

[0048] 通常,运算与评估电路18评估幅度信息 $A_1(t_i), A_2(t_i)$ 以及相位信息 $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)$ 。尤其是,在每种情况下根据这些变量来控制激励器8对测量管A的激励。

[0049] 因此,可以使用下式基于期望模式固有频率 $f(t)$ 来确定位于测量传感器的测量管中的介质的密度:

$$[0050] \rho(t) = \rho(f(t)).$$

[0051] 根据本发明的科里奥利质量流量计2还包括中央电动振动传感器17,该传感器检测相对于测量管的纵向以对称的方式在测量管弧的顶点处测量管A相对于彼此的偏转。中央振动传感器具有与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器基本相同的设计。相应地,中央振动传感器17还提供与速度成比例的电压信号。根据针对入口侧振动传感器和出口侧振动传感器14、16的信号所描述的方法,由运算与评估电路18获得其相位信息 $\varphi_z(t_i)$ 。

[0052] 运算和评估电路18进一步确定中央振动传感器的相位 $\varphi_z(t_i)$ 与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器14、16的信号的相位 $\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)$ 的对称函数 $S_{1,2}(\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i))$ 之间的中心相位差值 $\Delta\varphi_z(t_i)$ 的序列,即, $\Delta\varphi_z(t_i) = \varphi_z(t_i) - S_{1,2}(\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i))$,其中,后一个函数例如形成其自

变量的算术平均值,即, $S_{1,2}(\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i)) := (\varphi_1(t_i), \varphi_2(t_i))/2$ 。

[0053] 基于该中心相位差 $\Delta\varphi_z(t_i)$,作为粘度确定的中间步骤,运算与评估电路18可以根据 $\dot{m}_s(t) := k \cdot \tan(\Delta\varphi_z(t_i) / 2) / (2\pi \cdot f)$ 计算表观质量流量(apparent mass flow),其中f是所激励的弯曲振动期望模式的当前振动频率。当然,表观质量流量 $\dot{m}_s(t)$ 与实际质量流量无关,因为函数 $\Delta\varphi_z(t_i)$ 的自变量已摆脱了所有与流量成比例的反对称比例。然而,取决于算法的当前实施方式,以表观质量流量工作可能是有利的,表观质量流量基本上与中心相位差 $\Delta\varphi_z(t_i)$ 和当前振动频率的商成比例。

[0054] 如果中心相位差 $\Delta\varphi_z(t_i)$ 取决于测量管中存在的介质的粘度,则可以提供一种方法,用于基于中心相位差 $\Delta\varphi_z(t_i)$ 的当前值或表观质量流量 $\dot{m}_s(t)$ 来确定介质的粘度值。

[0055] 对于水和甘油的混合物,测量了具有粘度在1至900mPa s之间、表观质量流量 $\dot{m}_s(\eta)$ 约为100至300kg/h的介质的含水介质。基于这些测量,在运算和评估电路18中实现了二次函数 $\eta(\dot{m}_s)$,该函数计算动态粘度 η 作为表观质量流量的函数。图2示意性地示出了所实现的函数,利用该函数可以由运算和评估电路计算并用信号通知粘度值。

[0056] 概括地,图3示出了根据本发明的方法100的示例性实施例。

[0057] 该方法以借助于布置在测量管中心的电动激励器以对称弯曲振动期望模式对图1中所示的科里奥利质量流量计2的一对测量管中的测量管A的弯曲振动进行激励110作为开始。

[0058] 接下来是检测120中央振动传感器的传感器信号;以及

[0059] 检测130入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号。

[0060] 基于传感器信号,确定140中央振动传感器的传感器信号与入口侧振动传感器和出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的相位关系或时间延迟。

[0061] 为此,首先,将入口侧传感器和出口侧传感器的零交叉的时间点的平均值形成为传感器信号的对称函数,以便然后计算出中央振动传感器的零交叉的时间点和所确定的平均值之间的差。同样,首先,可以初始地形成中央传感器的零交叉的时间点与入口侧或出口侧传感器的零交叉的时间点之间的差,然后求平均值。同样,在这种情况下,获得的结果是中央振动传感器的传感器信号与入口侧和出口侧振动传感器的传感器信号的对称函数之间的时间延迟。

[0062] 基于时间延迟,在(可选)步骤145中确定表观质量流量。

[0063] 基于表观质量流量,使用图2所示的二次函数,通过计算确定150粘度。

[0064] 所确定的粘度值可以用信号发送到上级单元、在显示单元上显示、和/或用于补偿进一步的测量值——例如,密度——相对于粘度的交叉敏感性。

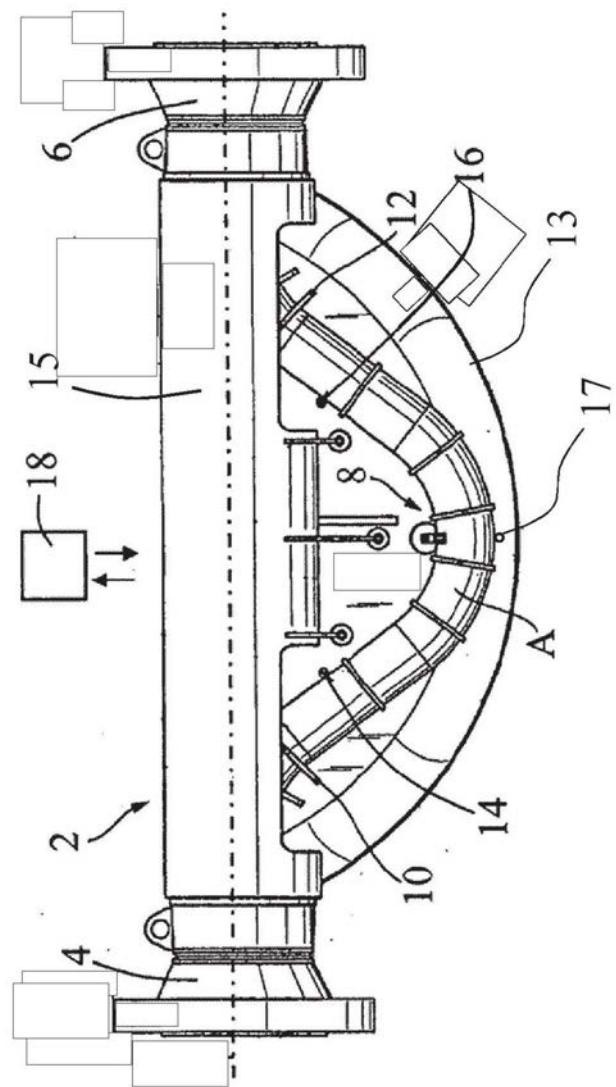


图1

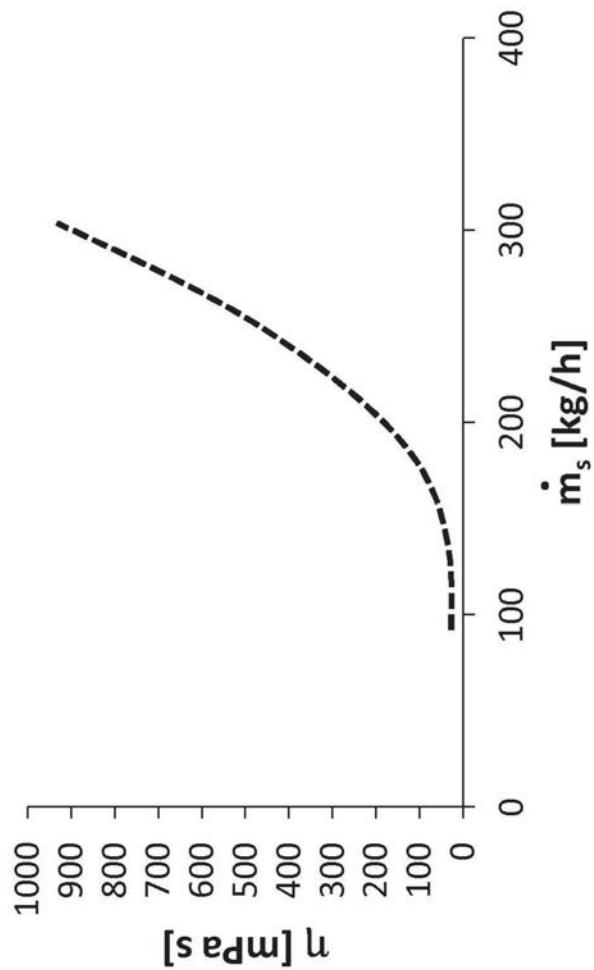


图2

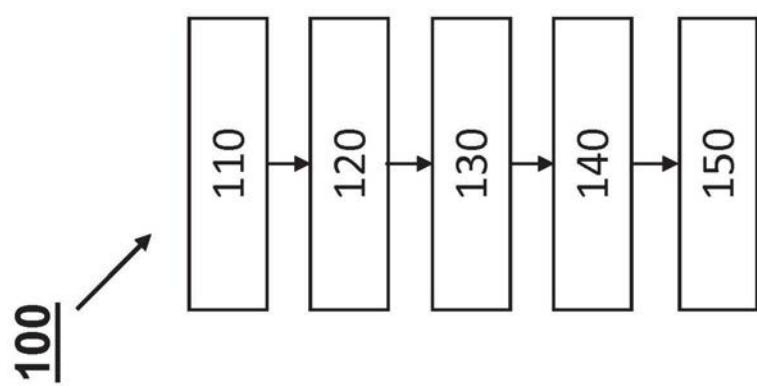


图3