

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01F 1/84 (2006.01)

G01F 15/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380105288.9

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100374830C

[22] 申请日 2003.12.2

[21] 申请号 200380105288.9

[30] 优先权

[32] 2002.12.6 [33] DE [31] 10257322.0

[86] 国际申请 PCT/EP2003/013543 2003.12.2

[87] 国际公布 WO2004/053428 德 2004.6.24

[85] 进入国家阶段日期 2005.6.6

[73] 专利权人 恩德斯+豪斯流量技术股份有限公司

地址 瑞士赖纳赫

[72] 发明人 沃尔夫冈·德拉赫姆
奥尔弗雷德·里德

[56] 参考文献

US5343737A 1994.9.6

CN1177097A 1998.3.25

US4768384 1988.9.6

CN1303474A 2001.7.11

US5773727A 1998.6.30

审查员 褚鹏蛟

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 钟强 谷惠敏

权利要求书 6 页 说明书 23 页 附图 7 页

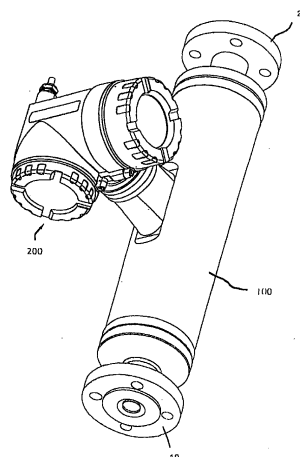
[54] 发明名称

过程测量仪表

[57] 摘要

过程测量仪表用于测量过程容器中容纳的或过程管道中流动的介质的物理过程量。其包括：变换器(10)，其具有提供测量信号(s_1 , s_2)的传感器设置(60)；以及连接至变换器(10)的测量仪表电子装置(50)。传感器设置(60)包括对物理过程量特别是过程量的变化作出反应的传感器元件(17)，并且借助于传感器元件(17)提供受物理过程量影响的测量信号(s_1)。传感器设置(60)还包括放置在变换器(10)中的至少一个温度传感器(40)，其本地记录变换器(10)中的温度(T_1)并且借助于温度传感器(40)将代表变换器(10)中的温度(T_1)的温度测量信号(θ_1)提供给传感器设置(60)。测量仪表电子装置(50)使用测量信号(s_1)和测量信号(s_1)的校正值(K_1)，生成代表瞬时物理量的测量值(X)。测量电子装置(50)考虑温度传感器(40)过去记录的温

度值，根据温度测量信号(θ_1)的时间分布确定校正正值(K_1)。通过根据本发明的过程测量仪表，即使在变换器(10)内部的温度分布的不稳定过渡范围中，特别是在仅使用很少的温度传感器的情况，在测量信号中由温度产生的误差也能够被很好地补偿。



1. 过程测量仪表，用于测量过程容器中容纳的或过程管道中流动的介质的至少一个物理过程量，该测量仪表包括：

- 变换器（10）

- 该变换器具有提供测量信号（ s_1 ， s_2 ）的传感器设置（60），

- 该传感器设置包括主要对物理过程量作出反应的第一传感器元件（17），并且借助于该第一传感器元件（17）提供受物理过程量影响的至少一个第一测量信号（ s_1 ），且

- 该传感器设置还包括放置在变换器（10）中的至少一个第一温度传感器（40），其本地检测变换器（10）中的第一温度 T_1 ，并且

- 该传感器设置利用至少一个温度传感器（40）提供代表变换器（10）中的第一温度 T_1 的至少一个第一温度测量信号（ θ_1 ）；和

- 测量仪表电子装置（50），其使用至少第一测量信号（ s_1 ）以及对于至少第一测量信号（ s_1 ）的第一校正值（ K_1 ），生成代表当前物理量的至少一个测量值（ X ），

- 其中在工作期间，测量仪表电子装置（50）考虑第一温度传感器（40）过去检测的温度值，根据至少第一温度测量信号（ θ_1 ）的时间分布确定第一校正值（ K_1 ）。

2. 根据权利要求1所述的过程测量仪表，其中所述物理过程量是质量流量、密度、粘度或压力。

3. 根据权利要求1所述的过程测量仪表，其中所述第一传感器元件（17）对物理过程量的变化作出反应。

4. 根据权利要求1所述的过程测量仪表，其中所述代表当前物理量的至少一个测量值（ X ）是质量流量测量值、密度测量值、粘度测量值或压力测量值。

5. 根据权利要求 1 所述的过程测量仪表，其中测量仪表电子装置在工作中在一段延时之后以第一校正值 (K_1) 的改变对于第一温度测量信号 (θ_1) 中与第一温度变化相应的变化作出反应。

6. 根据前述任一权利要求所述的过程测量仪表，

- 其中传感器设置 (60) 包括放置在变换器 (10) 中的至少一个第二温度传感器 (41)，其本地检测变换器 (10) 中的第二温度 T_2 ，并且

- 其中传感器设置 (60) 利用第二温度传感器 (41) 提供代表第二温度 T_2 的至少一个第二温度测量信号 (θ_2)。

7. 根据权利要求 6 所述的过程测量仪表，其中所述第二温度传感器 (41) 与第一温度传感器 (40) 相间隔。

8. 根据权利要求 6 所述的过程测量仪表，其中测量仪表电子装置 (50) 还使用第二温度测量信号 (θ_2) 确定第一校正值 (K_1)。

9. 根据权利要求 6 所述的过程测量仪表，

- 其中测量仪表电子装置 (50) 根据至少第一温度测量信号 (θ_1) 的时间分布确定第二校正值 (K_2)，并且

- 其中测量仪表电子装置 (50) 还使用第二校正值 (K_2) 生成测量值 (X)。

10. 根据权利要求 1 所述的过程测量仪表，其中测量仪表电子装置 (50) 包括用于生成至少第一校正值 (K_1) 的滤波器级 (FS)，其中第一温度测量信号 (θ_1) 被施加至滤波器级 (FS) 的第一信号输入端。

11. 根据权利要求 10 所述的过程测量仪表，其中滤波器级 (FS) 包括第一 A/D 转换器 (AD_1)，其用于将第一温度测量信号 (θ_1) 转换为第一数字信号 (θ_{1D})。

12. 根据权利要求 11 所述的过程测量仪表，其中滤波器级包括用于第一数字信号 (θ_{1D}) 的第一数字信号滤波器 (SF_{1D})。

13. 根据权利要求 12 所述的过程测量仪表，其中第一数字信号滤波器 (SF_{1D}) 是递归滤波器。

14. 根据权利要求 12 所述的过程测量仪表，其中第一数字信号滤波器是非递归滤波器。

15. 根据权利要求 10 所述的过程测量仪表，

- 其中滤波器级 (FS) 还用于生成第二校正值 (K_2)，其中第二温度测量信号 (θ_2) 被施加至滤波器级 (FS) 的第二信号输入端，并且
- 滤波器级 (FS) 包括第二 A/D 转换器 (AD_2)，其用于将第二温度测量信号 (θ_2) 转换至第二数字信号 (θ_{2D})。

16. 根据权利要求 15 所述的过程测量仪表，其中滤波器级包括用于第二数字信号 (θ_{2D}) 的第二数字信号滤波器。

17. 根据权利要求 1 所述的过程测量仪表，其中变换器包括至少一个测量管 (13)，用于引导介质。

18. 根据权利要求 17 所述的过程测量仪表，其中所述至少一个测量管 (13) 用于引导流动的介质。

19. 根据权利要求 17 所述的过程测量仪表，其中两个温度传感器 (40, 41) 中的至少一个放置在测量管上或者其附近。

20. 根据权利要求 17 所述的过程测量仪表，其中变换器 (10) 包括包围测量管 (13) 的变换器外壳 (100)。

21. 根据权利要求 20 所述的过程测量仪表，其中两个温度传感器（40，41）中的至少一个固定至变换器外壳（100）或者至少位于其附近。

22. 根据权利要求 17—21 中任一条所述的过程测量仪表，

- 其中变换器（10）还包括摆动激励器（16），其与测量仪表电子装置（50）电连接，机械地作用于测量管（13），用于驱动测量管（13），并且

- 其中测量仪表电子装置（50）提供用于控制摆动激励器（16）的至少一个激励信号（ i_{exc} ），使得测量管（13）在操作中至少间歇振动。

23. 根据权利要求 22 所述的过程测量仪表，其中所述摆动激励器（16）为电动或电磁的激励器。

24. 根据权利要求 22 所述的过程测量仪表，

- 其中第一传感器元件（17）对测量管（13）的振动作出反应，并且

- 其中从第一传感器元件（17）提供的测量信号（ s_1 ）代表振动的测量管（13）的受过程介质影响的机械摆动。

25. 根据权利要求 24 所述的过程测量仪表，其中所述第一传感器元件（17）对测量管（13）入口侧或出口侧的振动作出反应。

26. 根据权利要求 22 所述的过程测量仪表，其中变换器（10）包括固定至测量管（13）的支持元件（14），其悬挂在变换器外壳（100）内，用于支持摆动激励器（16），并且变换器（10）还包括至少第一传感器元件（17）。

27. 根据权利要求 24 所述的过程测量仪表，其中变换器（10）包

括固定至测量管（13）的支持元件（14），其悬挂在变换器外壳（100）内，用于支持摆动激励器（16），并且变换器（10）还包括至少第一传感器元件（17）。

28. 根据权利要求 26 或 27 所述的过程测量仪表，其中所述支持元件（14）可摆动地悬挂在变换器外壳（100）内。

29. 根据权利要求 26 或 27 所述的过程测量仪表，其中至少温度传感器（40）固定至支持元件（14）或至少位于其附近。

30. 根据权利要求 1 所述的过程测量仪表，

- 其中传感器设置（60）包括主要对物理过程量作出反应的至少一个第二传感器元件（18），并且借助于第二传感器元件（18）提供受物理过程量影响的至少一个第二测量信号（ s_2 ），并且
- 其中测量仪表电子装置还使用第二测量信号生成测量值。

31. 根据权利要求 22 所述的过程测量仪表，

- 其中传感器设置（60）包括主要对物理过程量作出反应的至少一个第二传感器元件（18），并且借助于第二传感器元件（18）提供受物理过程量影响的至少一个第二测量信号（ s_2 ），并且
- 其中测量仪表电子装置还使用第二测量信号生成测量值。

32. 根据权利要求 24 所述的过程测量仪表，

- 其中传感器设置（60）包括主要对物理过程量作出反应的至少一个第二传感器元件（18），并且借助于第二传感器元件（18）提供受物理过程量影响的至少一个第二测量信号（ s_2 ），并且
- 其中测量仪表电子装置还使用第二测量信号生成测量值。

33. 根据权利要求 26 所述的过程测量仪表，

- 其中传感器设置（60）包括主要对物理过程量作出反应的至少

一个第二传感器元件 (18)，并且借助于第二传感器元件 (18) 提供受物理过程量影响的至少一个第二测量信号 (s_2)，并且

- 其中测量仪表电子装置还使用第二测量信号生成测量值。

过程测量仪表

技术领域

本发明涉及一种过程测量仪表，用于测量在过程容器中容纳的或者在过程管道中流动的至少一个物理过程量，特别是质量流量、密度、粘度、压力等。

背景技术

在工业过程测量技术中，特别是关于化工自动化或其它工业过程，使用现场（即，靠近现场）安装的过程测量仪表，即所谓的现场测量仪表生成代表过程量的模拟或数字测量值。这种过程测量仪表的例子对于本领域技术人员是熟知的，在 EP-A 984 248, EP-A 1 158 289, US-A 3,878,725, US-A 4,308,754, US-A 4,468,971, US-A 4,524,610, US-A 4,574,328, US-A 4,594,584, US-A 4,617,607, US-A 4,716,770, US-A 4,768,384, US-A 4,850,213, US-A 5,052,230, US-A 5,131,279, US-A 5,231,884, US-A 5,359,881, US-A 5,363,341, US-A 5,469,748, US-A 5,604,685, US-A 5,687,100, US-A 5,796,011, US-A 6,006,609, US-B 6,236,322, US-B 6,352,000, US-B 6,397,683, WO-A 88/02476, WO-A 88/02853, WO-A 95/16897, WO-A 00/36379, WO-A 00/14485, WO-A 01/02816, 或 WO-A 02/086426 中有详细描述。

待测的各个过程量可以是例如在合适的过程容器，例如管道或罐中导入或存储的液体、粉末、蒸汽或气体过程介质的质量流量、密度、粘度、填充或极限水平、压力、温度等。

为了检测各个过程量，过程测量仪表包括合适的通常是物理-电的变换器，其安装在过程介质存储容器的壁中或者连接入过程介质引导管道并且尽可能精确地提供代表检测的过程量的至少一个测量信号，

特别是电信号。变换器连接至合适的测量仪表电子装置，特别是用于处理或分析至少一个测量信号的电子装置。

经由耦合至测量仪表电子装置的数据传输系统，所述类型的过程测量仪表连接在一起并且/或者处理控制计算机，它们例如经由（4-20 mA）电流回路和/或数字数据总线发送测量信号。对于数据传输系统，使用现场总线系统，特别是串行系统，例如 PROFIBUS-PA、FOUNDATION FIELDBUS，以及相应的通信协议。利用过程控制计算机，传输的测量信号可以进一步被处理并例如在监视器上作为相应的测量结果而可视化，并且/或者被转换为用于控制过程控制元件（例如电磁阀、电动马达等）的控制信号。

为了容纳测量仪表电子装置，所述类型的过程测量仪表包括电子装置外壳，其例如在 US-A 6,397,683 或 WO-A 00/36379 中所公开的，可以位于远离现场测量仪表的位置并且与其通过绳索连接，或者如在 EP-A 903 651 或 EP-A 1 008 836 中所显示的，直接位于变换器或者位于容纳变换器的外壳。通常，正如例如 EP-A 984 248、US-A 4,594,584，US-A 4,716,770，或 US-B 6,352,000 中所示，电子装置外壳也容纳变换器的一些机械部件，例如在机械作用下形变或振动的隔膜状、棒状、套筒状或管状体。

特别在 EP-A 1 158 289，US-A 4,768,384，US-A 5,359,881，US-A 5,687,100，WO-A 88/02476，WO-A 95/16897，或 WO-A 01/02816 中，显示了用于测量过程管道中流动的介质的至少一个物理过程量，特别是质量流量、密度、粘度、压力等的过程测量仪表，其中每个变换器包括：

- 用于引导介质，特别是流动介质的测量管；
- 激励组件，其与测量仪表电子装置电连接并且包括用于驱动测量管的特别为电动或电磁的摆动激励器；和
- 提供测量信号的传感器设置，包括响应于物理过程量特别是过

程量的改变的至少第一传感器和第二传感器元件，并且借助于传感器元件提供受物理过程量影响的至少第一测量信号和第二测量信号，

- 其中测量仪表电子装置提供至少用于控制摆动激励器的激励信号，使得工作中的测量管至少被暂时振动，
- 其中两个传感器元件对测量管的输入侧或输出侧振动作出反应；并且
- 其中由传感器元件提供的测量信号代表振动的测量管受过程介质影响的机械振动。

于是，这种振动型过程测量仪表还包括测量管，其上设置有摆动激励器和传感器，还包括容纳变换器的变换器外壳的部件。

对于振动型过程测量仪表作为科里奥利质量流量计的情况，测量仪表电子装置确定由传感器元件提供的两个测量信号，这里是摆动信号，之间的相差，并且测量仪表电子装置在其输出端给出测量值信号，利用该信号确定与相差的时间分布相对应的质量流量测量值。

已知所述类型的过程测量仪表，特别是其各自的变换器，除了受到上面所述的主要的待测过程量之外，还受到其它，特别是不可受影响的物理量的影响，所述物理量特别是过程或介质温度。

特别是利用振动的测量管工作的过程测量仪表，例如科里奥利质量流量测量仪表、密度测量仪表和/或粘度测量仪表，测量管也可能由于热而引起变化膨胀，从而变换器除了对于主要测量量（例如，质量流量、密度和/或粘度）敏感之外，还对于变换器中的瞬时温度分布不期望的敏感。由于这种对于变换器的振动性能的虚假温度影响，产生变换器干扰。因此，如果不考虑这种干扰，那么测量仪表电子装置提供的测量值信号可能是错误的。

为了补偿干扰温度对于变换器提供的测量信号和/或测量仪表电

子装置从中得到的测量值信号的影响，科里奥利质量流量计或科里奥利质量流量密度计通常包括至少一个温度传感器，例如用于测量测量管的温度或环境温度的传感器，参见 US-A 5,359,881，US-A 5,687,100 或 WO-A 88/02476。

在这里显示的过程测量仪表中，为了补偿温度对于各个测量管的弹性模数的影响，利用安装在弯曲测量管上的温度传感器产生对应于被测介质的温度的温度测量电信号，这里的温度传感器例如是 Pt100 或 Pt1000 元件或热偶。然后这个温度测量信号在测量仪表电子装置中与恒定的非时变系数相乘，以得到矫正值，其考虑了测量的温度对于弹性模数的影响，并且因而包含在测量值信号（例如，质量流量信号和/或密度信号）的校正中。为了平滑温度测量信号或者改进其信噪比，可以使用合适的数字信号滤波器，例如 WO-A 88/02476 中所建议的。

除了这种具有弯曲测量管的振动过程测量仪表，本领域技术人员还已知有具有单一直测量管或具有两个测量管的振动过程测量仪表，特别地参见 US-A 4,524,610，US-A 4,768,384，US-A 6,006,609，WO-A 00/14485 或 WO-A 01/02816。在这种具有单一直测量管的过程测量仪表中，为了支持摆动激励器和传感器，在变换器中提供了固定至测量管的支持元件，特别是安装在变换器中以能够振动运动的元件。支持元件还用于将振动的测量管与所连接的管道进行振动隔离。它可以设计为与测量管同轴的管状补偿圆柱，或者箱状支持框架。

由于它们的特殊设计，具有直测量管的振动过程测量仪表响应的温度变化以及所述的弹性模数中的变化，和在测量管和支持元件中由温度引起的机械应力的改变，并且/或者变换器外壳还引起变换器对于主要过程量的敏感性变化。

这种热应力，特别是沿测量管的轴作用的应力，可能具有不同原因，这些原因可能单独发生或者组合发生。甚至即使测量管和支持元

件或变换器外壳实际上温度相同，如果支持管和振动系统由具有不同热胀系数的不同材料制成，也可能发生热应力。如果测量管的温度与支持管的温度不同，这种温度对于测量结果的影响甚至更大。如果待测过程介质的温度与环境温度不同，特别是这种情况。在非常热或非常冷的过程介质的情况中，在支持元件或变换器外壳和测量管之间存在非常高的温度梯度。

在例如 US-A 4,768,384, US-A 5,231,884 或 WO-A 01/02816 中记载了补偿这种改变变换器对于主要过程量的敏感度的温度影响的方案。使用附着至变换器外壳的至少一个附加温度传感器，通过在测量仪表电子装置中形成考虑了测量温度对于变换器中的膨胀或应力分布的影响的另一校正因子并且在形成测量值信号时包含这个校正因子，测量外壳中的热应力或热膨胀对于测量值信号的影响得到补偿。为了形成这个校正因子，每一温度信号同时且无延迟地乘以恒定的系数，并且如果需要的话，乘以自身。

然而，在这种所述类型的过程测量仪表的操作期间，温度分布可能遭受不期望的变化，特别是因为流体温度通常不能保持恒定，从而在过程测量仪表内部，特别在变换器内部，温度分布重复发生动态过渡。另一方面，由于变换器的各个部件的不同的特定热导率或热容量，温度分布中的这些时间分布可能以不同速度传播到变换器的各个敏感度确定部件，使得即使利用两个或更多的温度传感器检测的温度曲线或温度梯度也可能遭受动态变化。

在使用仅考虑瞬时温度值的静态算法确定测量信号的相应校正因子的过程测量仪表中，例如 US-A 4,768,384 或 WO-A 01/02816 中所示，这导致在温度分布的不稳定状态期间，尽管使用在不同位置检测但是被均匀加权的从不同温度得到的这种校正因子，在测量值信号中也会发生可观的不精确。研究已经显示，温度分布的这种非稳态过渡区域特别地导致变换器内部机械应力的改变，该区域会持续几分钟到几小

时，并且在这个通常较长时间的温度分布不稳定状态期间，本地测量的温度对于测量信号的影响相互之间也发生改变。

在具有振动测量管的变换器中，减少测量信号中这种误差的一种可能是沿测量管和沿变换器外壳和/或沿为单个测量管提供的支持元件安装多个温度传感器。

这种解决方案的一个缺点是，随着使用的温度传感器的数目增加，制造成本也增加。除了温度传感器自身的成本之外，它们的安装和布线成本也增加。

然而，另外，温度传感器数目的增加会导致传感器设置的故障概率增加，特别是如果温度传感器固定至高频振动的部件，例如固定至测量管或作为防振器设计的支持元件。

发明内容

因此本发明的一个目的是以这样的方式改进在开头提出的类型的过程测量仪表，使得即使在它们的各个变换器内部温度分布的不稳定过渡区域，也很大程度地补偿了测量信号中由温度引起的误差，并且需要尽可能少的温度传感器来尽可能精确地确定用于温度对于测量信号的影响的校正因子。

为了达到这个目的，本发明提供了一种过程测量仪表，用于测量过程容器中容纳的或过程管道中流动的介质的至少一个物理过程量，特别是质量流量、密度、粘度、压力等，该测量仪表包括：

- 变换器

- 该变换器具有提供测量信号的传感器设置

- 该传感器设置包括响应于被测物理过程量，特别是过程量中的变化的第一传感器元件，并且借助于该第一传感器元件提供至少一个受物理过程量影响的第一测量信号，且

--- 该传感器设置还包括安装在变换器中的至少第一温度传感器，其本地检测变换器中的第一温度，并且

--- 该传感器设置利用至少一个温度传感器提供代表变换器中的第一温度的至少第一温度测量信号；和

- 测量仪表电子装置，其使用至少第一测量信号以及对于至少第一测量信号的第一校正值，得到当前代表物理量的至少一个测量值，特别是质量流量测量值、密度测量值、粘度测量值或压力测量值，

- 其中在工作期间，测量仪表电子装置考虑第一温度传感器过去检测的温度值，根据至少第一温度测量信号的时间变化确定第一校正值。

在本发明的第一优选实施例中，测量仪表电子装置在工作中在一段延时之后以第一校正值的改变对于第一温度测量信号中与第一温度变化相应的变化作出反应。

在本发明的第二优选实施例中，传感器设置包括安装在变换器中的至少第二温度传感器，其特别地与第一温度传感器间隔，用于本地检测变换器中的第二温度，并且传感器设置利用第二温度传感器提供代表第二温度的至少温度测量信号。

在本发明的第三优选实施例中，测量仪表电子装置还使用第二温度测量信号确定第一校正值。

在本发明的第四优选实施例中，测量仪表电子装置从至少第二温度测量信号的时间分布中确定第二校正值，并且还使用第二校正值得到测量值。

在本发明的第五优选实施例中，测量仪表电子装置包括滤波器级，用于得到至少第一校正值，其中第一温度测量信号被施加至滤波器级的第一信号输入端。

在本发明的第六优选实施例中，滤波器级包括第一 A/D 转换器，用于将第一温度测量信号转换为第一数字信号。

在本发明的第七优选实施例中，滤波器级包括用于第一数字信号的第一数字信号滤波器。

在本发明的第八优选实施例中，第一数字信号滤波器是递归滤波器。

在本发明的第九优选实施例中，第一数字信号滤波器是非递归滤波器。

在本发明的第十优选实施例中，第一数字信号滤波器将第一校正值提供给滤波器级的第一信号输出端。

在本发明的第十一优选实施例中，滤波器还用于得到第二校正值，在这种情况下，第二温度测量信号被施加至滤波器级的第二信号输入端，并且滤波器级包括第二 A/D 转换器，用于将第二温度测量信号转换至第二数字信号。

在本发明的第十二优选实施例中，滤波器级包括用于第二数字信号的第二数字信号滤波器。

在本发明的第十三优选实施例中，变换器包括至少一个测量管，用于引导特别是流动的介质。

在本发明的第十四优选实施例中，两个温度传感器中的至少一个安装在测量管上或者其附近。

在本发明的第十五优选实施例中，变换器包括至少部分围绕测量管的变换器外壳。

在本发明的第十六优选实施例中，两个温度传感器中的至少一个固定至变换器外壳或者至少位于其附近。

在本发明的第十七优选实施例中，变换器还包括特别为电动或电磁的摆动激励器，其电连接至测量仪表电子装置，用于驱动测量管，并且测量仪表电子装置提供用于控制摆动激励器的至少一个激励信号，使得在操作中，测量管至少间歇振动。

在本发明的第十八优选实施例中，第一传感器响应于测量管的振动，特别是入口侧或出口侧的振动，并且第一传感器提供的测量信号代表受过程介质影响的振动的测量管的机械振动。

在本发明的第十九优选实施例中，变换器包括固定至测量管的支持元件，其特别是可摆动地悬挂在变换器外壳内，用于支持摆动激励器，并且变换器还包括至少第一传感器元件。

在本发明的第二十优选实施例中，至少一个温度传感器固定至支持元件或位于至少其附近。

在本发明的第二十一优选实施例中，传感器设置包括至少第二传感器，其响应于待测物理过程量而提供至少第二测量信号，在这种情况下，测量仪表电子装置还使用第二测量信号得到测量值。

本发明的基本思想是，一方面基于瞬时内部温度分布确定变换器对于待测过程量的瞬时敏感度并且相应地补偿受其影响的测量信号；另一方面基于过去测量的温度而充分精确地估计变换器中的瞬时温度分布，特别是使用尽可能少的温度传感器。

除了温度测量的较低电路复杂度，本发明还具有这样的优点：由于现在在对提供的温度测量信号分析的过程中校正将可以影响温度传感器的各个位置，所以对于变换器内温度传感器的就位创建了更多的自由度。于是，温度传感器可以被最优地放置，特别是从组装和/或布线技术的角度来看。

例如在上述振动型过程测量仪表的情况中，还具有这样的优点：为了估计测量管和/或可选的支持元件的有效温度分布，温度传感器还可以已经固定至变换器的非振动部件，诸如变换器外壳。

附图说明

在附图中：

图 1 是过程测量仪表的透视图；

图 2 以框图显示了适于图 1 的过程测量仪表的测量仪表电子装置，其与振动型变换器联结；

图 3 是适于图 1 的过程测量仪表的振动型变换器的实施例的第一透视图，其部分为截面；

图 4 是图 2 的变换器的第二透视图；

图 5 显示了图 2 的变换器的电机激励组件的实施例；

图 6 是适于图 2 的测量仪表电子装置的分析电路的框图；

图 7 示意性显示了图 2 的变换器内部的可能的温度变化的例子；

和

图 8 是图 6 的分析电路的实施方式的框图。

具体实施方式

在图 1 和 2 中，显示了过程测量仪表的一个实施例，例如科里奥利流量计、密度计和/或粘度计 1，其包括优选地容纳在变换器外壳 100 内的振动型变换器 10，以及电子装置外壳 200，电子装置外壳 200 中容纳了与变换器 10 电连接的测量仪表电子装置 50。

过程测量仪表 1 用于检测管道中流动的流体的过程量，例如质量流量、密度和/或粘度，并且用于将这个过程量映射为当前代表它的测量值信号；为了清楚，没有显示管道。

为了引导流体，变换器 10 包括测量管 13，其在操作中优选地以弯曲模式这样振动，使得在其中流动的流体中产生具有足够强度的反作用力，例如科里奥利力、加速力和/或摩擦力，该反作用力依赖于过程量并且以可测量的方式，即可以使用传感器检测且可电分析的方式作用于变换器 10。

图 3 和 4 显示了适于用作变换器 10 的振动型物理-电转换器组件。这种变换器组件的结构在例如 US-A 6,006,609 中有详细描述。

为了引导被测流体，变换器 10 包括至少一个测量管 13，其具有可预定的在工作中可弹性形变的测量管内腔 13A 以及可预定的额定直径。测量管 13 具有入口端 11 和出口端 12。

测量管内腔 13A 的弹性形变在这里意味着：为了在流体中产生描述流体的上述反作用力，在测量管 13 的弹性范围内，以可预定的方式循环地特别是周期地改变测量管内腔 13A 的三维形状和/或空间位置；参见例如 US-A 4,801,897，US-A 5,648,616，US-A 5,796 011 或 US-A 6,006,609。如果需要，正如例如 EP-A 1 260 798 所示，测量管可以弯曲。还有可能例如使用两个弯曲的或直的测量管代替单一测量管。适于用作变换器 10 的转换器组件的其它实施例在例如 US-A 5,301,557，US-A 5,357,811，US-A 5,557,973，US-A 5,602,345，US-A 5,648,616 或 US-A 5,796,011 中有所描述。

特别适于图 3 和 4 中的直测量管 13 的材料是例如钛合金。代替钛合金，也可以使用这种类型的特别是弯曲测量管常用的其它材料，例

如不锈钢、钽或锆等。

测量管 13 以常见的方式在入口端和出口端与引导流体的管道相通，并且被能够摆动地夹持在支持框架 14 中，支持框架 14 是刚性的特别是弯曲且扭转刚性的并且被装入变换器外壳 100。

支持框架 14 利用入口板 213 固定至入口端并且利用出口板 223 固定至出口端，两个板被测量管 13 的各个相应延伸件 131、132 穿透。支持框架 14 还具有第一侧板 24 和第二侧板 34，它们分别被固定至入口板 213 和出口板 223，以基本平行于测量管 13 且与测量管 13 相距地延伸，参见图 3。于是，两个侧板 24、34 的相对的侧面也相互平行。

用作吸收测量管 13 的摆动的平衡质量的纵条 25 与测量管 13 相距地固定至侧板 24、34。如图 4 所示，纵条 25 基本平行于测量管 13 的整个可摆动长度；这并不是必须的，如果需要，纵条 25 当然可以更短。

于是，具有两个侧板 24、34、入口板 213、出口板 223 和纵条 25 的支持框架 14 具有重力纵轴，该纵轴基本平行于连接入口端 11 和出口端 12 的测量管中心轴 13B。

在图 3 和 4 中，以螺丝头显示，前面所述的侧板 24、34 到入口板 213、到出口板 223 和到纵条 25 的固定可以利用螺丝完成；还有可能使用本领域技术人员熟悉的其它合适的紧固形式。

如果变换器 10 要可与管道松开地安装，那么第一法兰 19 和第二法兰 20 分别在入口端和出口端形成在测量管 13 上，参见图 1；可以使用其它管道联结件，诸如图 3 中所示的所谓的三通（Triclamp）连接代替法兰 19、20，以提供与管道的可松开连接。然而，如果需要，测量管 13 也可以通过焊接或铜焊而与管道直接连接。

为了产生上述的反作用力，在变换器 10 的工作期间，令由与测量管联结的电机激励组件 16 驱动测量管 13 以可预定的摆动频率，特别是固有谐振频率以所谓的有效模式振动，从而测量管以可预定的方式弹性形变。正如前面所述，这个谐振频率还依赖于流体的瞬时密度。

在所示的实施例中，正如这种弯曲摆动型转换器组件所常见的，振动的测量管 13 从静态静止位置空间偏转，特别是横向偏转；对于其中一个或多个弯曲测量管围绕虚拟连接入口端和出口端的相应纵轴执行悬臂摆动的转换器组件或者对于其中一个或多个直测量管仅围绕它们的测量管纵轴执行平面弯曲摆动的转换器组件，同样是这样的。在其它情况中，例如在上面提到的 WO-A 95/16897 中所述，作为变换器 10 使用径向摆动型转换器组件并且振动的测量管的横截面以常见的方式对称形变，其中测量管纵轴离开了其静态静止位置。

激励组件 16 用于通过转换由测量仪表电子装置 50 提供的激励电能 P_{exc} 而产生对于测量管 13 的激励力 F_{exc} 。当以固有谐振频率激励测量管 13 时，激励能量 P_{exc} 实际上仅用于补偿在振动系统中由于机械和流体摩擦而损失的能量成分。为了达到尽可能高的效率，优选地这样尽可能精确地调节激励能量 P_{exc} ，使得测量管 13 的摆动基本上保持在期望的有效模式，例如基本谐振频率的模式。

为了将激励力 F_{exc} 传递到测量管 13，如图 5 所示，激励组件 16 具有刚性的电磁和/或电动驱动的杠杆组件 15，该杠杆组件 15 具有悬臂 154 和轭 163，悬臂 154 牢固地固定至测量管 13。轭 163 牢固地固定至悬臂 154 远离测量管 13 的一端，使得它位于测量管 13 之上并且横着测量管 13 延伸。

悬臂 154 可以是例如金属板，其在孔中接收测量管 13。对于杠杆组件 15 的其它合适的实施例，参见上述 US-A 6,006,609。杠杆组件 15 是 T 形并且大约在入口端 11 和出口端 12 中间作用于测量管 13，参见

图 5，使得在操作中，测量管 13 将在其中点经受其最大的横向偏转。

为了驱动杠杆组件 15，如图 5 所示，激励组件 16 包括第一激励线圈 26 和相关联的第一永磁体电枢 27，以及第二激励线圈和相关联的第二永磁体电枢 37。优选地串联连接的两个激励线圈 26 和 36 在轭 163 之下，在测量管 13 的两侧上固定至支持框架 14，特别是可松开地固定，以在操作中分别与它们相关的电枢 27 或 37 交替作用。如果需要，两个激励线圈 26、36 当然可以并联连接。

如图 3 和 5 所示，两个电枢 27、37 以这样的间距固定至轭 163，使得在变换器 10 的操作期间，电枢 27 将被激励线圈 26 的磁场基本穿透，而电枢 37 将被激励线圈 36 的磁场基本穿透，从而两个电枢将由于相应的电动和/或电磁力的作用而移动。

由激励线圈 26、36 的磁场产生的电枢 27、37 的运动被轭 163 和悬臂 154 传递至测量管 13。这样构造电枢 27、37 的这些运动，使得轭 163 在侧板 24 的方向和侧板 34 的方向上交替偏离其静止位置。杠杆组件 15 的相应的旋转轴与上面提到的测量管中心轴 13B 平行，并且例如穿过悬臂 154。

用作激励组件 16 的支持元件的支持框架 14 还包括用于支持激励线圈 26、36 和磁力制动器组件 217（下面将对其进行说明）的各个部件的支架 29。支架 29 优选地可送开地与侧壁 24、34 相连。

在变换器 10 的实施例中，在入口端 11 和出口端 12 牢固地夹持的振动测量管 13 的横向偏转同时引起其测量管内腔 13A 的弹性形变；这个弹性形变基本上在测量管 13 的整个长度上延伸。

另外，在测量管 13 中由于经由杠杆组件 15 作用的转矩，与横向偏转同时至少在截面上引起围绕测量管中心轴 13B 的扭转，从而测量

管 13 以混合的弯曲摆动-扭转模式摆动, 这个模式用作有效模式。测量管 13 的扭转可以是这样的: 悬臂 154 的远离测量管 13 的一端的横向偏转的方向与测量管 13 的横向偏转的方向或者相同, 或者相反。于是, 测量管 13 可以执行对应于前一情况的第一弯曲摆动-扭转模式的扭转摆动, 或者对应于后一情况的第二弯曲摆动-扭转模式的扭转摆动。在根据实施例的变换器 10 中, 第二弯曲摆动-扭转模式的固有基本谐振频率, 例如 900 Hz, 大约是第一弯曲摆动-扭转模式的二倍。

对于测量管 13 仅以第二弯曲摆动-扭转模式执行摆动的情况, 激励组件 16 包含基于涡流原理的磁力制动器组件 217, 其用于稳定上述旋转轴的位置。利用磁力制动器组件 217, 可以保证测量管 13 总是以第二弯曲摆动-扭转模式摆动, 从而任何对于测量管 13 的外部扰动影响都不会导致到另一弯曲摆动-扭转模式, 特别是第一弯曲摆动-扭转模式的自发改变。这种磁力制动器组件的细节在 US-A 6,006,609 中有所描述。

在这一点, 应当注意, 在以这种方式根据第二弯曲摆动-扭转模式偏转的测量管 13 中, 测量管中心轴 13B 轻微形变, 从而在摆动期间, 这个轴展现轻微弯曲的表面, 而不是平面。另外, 位于这个表面中且由测量管中心轴的中点描述的路径曲线具有测量管中心轴所描述的所有路径曲线中的最小曲率。

为了振动测量管 13, 为激励组件 16 提供相同的振荡电流 i_{exc} , 其特别地具有可调的振幅和可调的频率 f_{exc} , 从而在工作中, 这个电流通过激励线圈 26、36, 并且以相应的方式产生移动电枢 27、37 所必需的磁场。如图 2 中示意性显示的, 激励电流 i_{exc} 由测量仪表电子装置 50 中提供的工作电路 50A 提供, 并且可以是例如谐波交流电流。在这里所示的实施例中, 激励电流 i_{exc} 的频率 f_{exc} 优选地这样选择或自我调节, 使得横向摆动的测量管 13 尽可能仅以第二弯曲摆动-扭转模式摆动。

为了检测测量管 13 的形变, 变换器 10 具有传感器设置 60, 如图 2 和 3 所示, 其借助于响应于测量管 13 的振动的至少第一传感器元件 17 而生成代表它的第一特别是模拟测量信号 s_1 。传感器 17 可以例如由永磁体电枢形成, 该电枢固定至测量管 13 并且与支持框架 14 支持的传感器线圈相互作用。

特别适合于传感器 17 的传感器类型是基于电动原理检测测量管的偏转速度的那些传感器。也可以使用加速度测量电动或位移测量电阻或光学传感器。还可以使用本领域人员熟悉且适用于检测这种振动的其它传感器, 例如用于检测传感器 13 的旋转的传感器。

传感器设置 60 还包括第二传感器元件 18, 其特别地与第一传感器元件 17 相同, 该第二传感器元件 18 提供代表测量管 13 的振动的第二测量信号 s_2 。在这个实施例中, 两个传感器元件 17、18 在变换器 10 中沿测量管 13 相距给定距离放置, 特别是距离测量管 13 的中点相同的距离, 使得传感器设置 60 本地检测测量管 13 的入口侧和出口侧的振动, 并且提供相应的测量信号 s_1 或 s_2 。

如图 2 所示, 通常各自具有与测量管 13 的瞬时摆动频率相应的信号频率的第一和可能的第二测量信号 s_1 、 s_2 被送给测量仪表电子装置 50 中优选为数字的分析电路 50B, 其用于特别是数字地确定当前代表待测过程量 (这里是质量流量、密度、粘度、压力) 的测量值 X , 并将这个测量值转换为在分析电路的输出端可提供的相应的测量值信号。

在本发明的优选实施例中, 使用测量仪表电子装置 50 中提供的微计算机实现分析电路 50B, 该微计算机被以相应的方式编程, 以从传感器设置 60 提供的测量信号确定测量值 X 。可以使用例如现有的微处理器或现有的信号处理器实现微计算机。

尽管所示的变换器可以基于测量信号 s_1 、 s_2 中的一个信号确定密度或粘度，但是对于要检测质量流量的情况，以本领域技术人员熟悉的方式使用两个测量信号 s_1 、 s_2 ，从而例如以信号时域中的实数或信号频域中的复数形式确定依赖于质量流量的相差。

过程测量仪表还具有这样的装置，使得可以补偿温度对于所使用的测量信号 s_1 和/或 s_2 的影响，并且从而在较宽的温度范围并且甚至在变换器内部的温度分布改变期间，提供测量值信号的高精确度。

为此，传感器设置 60 还包括第一温度传感器 40，用于检测变换器中第一测量位置处的第一温度 T_1 并且生成与这个检测温度 T_1 相应的第一温度测量电信号 θ_1 ，其特别是连续信号。温度传感器 40 优选地这样位于变换器中，使得至少在变换器内部稳定温度分布时，这个提供的温度测量信号 θ_1 被尽可能好地以过程介质的温度校正；在这一点，应当注意，温度测量信号 θ_1 尽管优选地代表绝对测量的第一温度，但是如果需要，也可以例如代表相对于恒定参考温度测量的温差。

在本发明的优选实施例中，温度传感器 40 这样放置在变换器中，使得它基本测量测量管 13 的温度并且提供与这个测量温度相应的第一温度测量电信号 θ_1 。温度传感器 40 可以例如直接安装在测量管 13 上，但是那样它将持续经受管的机械摆动，这将导致有关疲劳强度的温度。于是，在所示的实施例中，温度传感器 40 优选地安装在测量管 13 的摆动相对较弱的延伸件 131、132 之一上，这里安装在出口侧。

在本发明的另一优选实施例中，为了提高测量精度，传感器设置 60 包括第二温度传感器 41，其这样放置在变换器 10 中，以检测远离第一测量位置的第二测量位置的第二温度 T_2 。为此温度传感器 41 优选地安装在变换器外壳 100 的壁内侧上，使得它检测变换器外壳 100 的温度作为第二温度 T_2 。温度传感器 41 也可以例如固定至支持框架 14。

应当注意，仅考虑测量信号的温度补偿，对于温度传感器 40、41 在变换器内部的设置几乎无需考虑任何限制，从而放置至少一个温度传感器 40 有许多可能性并且可以提供任何其它温度传感器。使用的温度传感器可以是本领域技术人员熟悉的温度传感器，特别是在现有变换器中使用的设备。优选地，由金属，例如 Pt 100 或 Pt 1000 或者半导体材料制成的热敏电阻可以用于以上应用。如果需要，除了温度传感器 40、41，在补偿温度对于至少一个测量信号的影响时可以考虑其它测量仪表中提供的其它温差传感器，例如在电子装置外壳附近。

如图 2 或 6 所示，由温度传感器 40、41 生成并从传感器设置 60 输出的可测的温度测量信号 θ_1 、 θ_2 同样施加于分析电路 50B，并且因而可以进一步处理，特别是用于补偿测量信号 s_1 、 s_2 。

在本发明的优选实施例中，如图 6 中示意性示出的，测量信号 s_1 首先被利用分析电路 50B 中提供的测量级 MS 改变为非温度补偿的或未校正的中间测量值 X' 。然后利用分析电路 50B，使用传感器设置 60 提供的至少一个温度测量信号 θ_1 校正这个中间测量值 X' ，并将其转换为测量值 X 。然而，优选地，至少也由传感器设置 60 提供的温度测量信号 θ_2 同样用于中间测量值 X' 的校正。

为了校正中间测量值 X' ，在分析电路 50B 的相应校正级 KS 内部确定至少第一模拟或数字校正值 K_1 ，其用于从至少一个测量信号 s_1 得到的未校正的中间测量值 X' 。这样确定的校正值 K_1 可以在校正级 KS 中进一步以简单的方式，根据以下的简单函数，乘以未校正的测量值 X' ：

$$X = K_1 \cdot X' \quad (1)$$

通过考虑温度测量信号 θ_1 ，但是优选地考虑由传感器设置 60 提供的至少两个温度测量信号 θ_1 、 θ_2 ，形成由校正级 KS 形成的校正值 K_1 ，正如图 6 所示。

在这之前,根据本发明,至少用于确定至少一个校正值 K_1 的温度测量信号 θ_1 被转换为温度估计信号 θ_1' 。温度估计信号 θ_1' 的生成用于尽可能好地估计并映射由温度测量信号 θ_1 的时间分布影响的瞬时温度分布,其中不仅考虑温度测量信号 θ_1 的瞬时信号值,例如在上述 US-A 4,768,384, US-A 5,687,100, WO-A 88/02476 或 WO-A 01/02816 中所描述的,而且考虑来自过去的信号值。于是,温度传感器 40 以前对于温度 T_1 检测的温度值也被考虑。在图 7 中示意性描述了在时间段 t_2 - t_1 的过渡范围期间,温度 T_1 、 T_2 的可能的变化的例子。如果需要,除了温度估计信号 θ_1' ,在测量值 X 的形成中当然也考虑温度测量信号 θ_1 的瞬时信号值。

在本发明的另一优选实施例中,利用测量仪表电子装置 50,基于以下数学关系生成温度估计信号 θ_1' :

$$\theta_1' = G_{10} + G_{11} * \theta_{1...}, \quad (2)$$

其中

G_{10} 是可变或恒定系数,特别是与测量温度无关的系数;

G_{11} 是信号滤波器的加权函数,传感器设置提供的温度测量信号 θ_1 利用它而叠加。

现在可以使用简单的特别是线性的数学关系,从温度估计信号 θ_1' 计算校正值 K_1 ,数学关系如下:

$$K_1 = 1 + k_{11} * \theta_1' \quad (3)$$

其中

K_{11} 是第一系数,其体现了以温度估计信号 θ_1' 估计的有效温度和校正值 K_1 之间的关系,并且其基于实际上考虑了敏感度影响的第一参数,例如沿测量管 13 作用的变化的机械应力。

如果需要,对于确定温度估计信号 θ_1' ,也可以考虑 $G_{12} * \theta_1'^2$ 形式的幅度自调制的温度测量信号 θ_1 或者 $G_{13} * \theta_1 \theta_2$ 形式的以温度测

量信号 θ_2 进行了幅度调制的温度测量信号 θ_1 。

根据本发明的进一步发展，为了确定校正值 K_1 ，之前至少温度测量信号 θ_2 也被例如基于以下数学关系转换为相应的第二温度估计信号 θ_2' ：

$$\theta_2' = G_{20} + G_{21} * \theta_{2..}, \quad (4)$$

忽略任何高阶项，等式 (3) 中表达的校正值 K_1 的计算法则仅依赖于温度测量信号 θ_1 ，可以修改如下：

$$K_1 = 1 + k_{11} \cdot \theta_1' + k_{12} \cdot \theta_2', \quad (5)$$

从而校正值 K_1 现在也依赖于温度测量信号 θ_2 。类似于等式 (3)，在等式 (5) 中引入的第二系数 k_{12} 是代表温度估计信号 θ_2' 和校正值 K_1 之间的关系的系数，这个系数也基于实际上被考虑的第一参数。

使用等式 (5)，等式 (1) 中的用于测量值 X 的计算法则可以修改如下：

$$X = (1 + k_{11} \cdot \theta_1' + k_{12} \cdot \theta_2') \cdot X' \quad (6)$$

在本发明的优选实施例中，特别是对于瞬时温度分布同时作用在影响变换器敏感度的多个参数的情况，除了校正值 K_1 以外还确定第二校正值 K_2 ，用于未校正的中间测量值 X' 。

在这里显示的变换器中，瞬时温度分布例如影响测量管 13 的弹性模数以及甚至以另一方式影响变换器 10 内，特别是测量管 13 内的机械应力的瞬时分布。相应地，这个瞬时温度分布还以不同的方式影响测量管 13 的摆动特性，例如关于测量管 13 的固有谐振频率或关于有效模式和科里奥利模式的振幅之间的比率。

考虑这一点，校正级中测量值 X 的确定优选地基于以下数学关系，

它是等式 (1) 的扩展:

$$X = K_1 \cdot K_2 \cdot X' \quad (7)$$

测量信号 s_1 到中间测量值 X' 的转换以及后者与优选为数字的校正值 K_1 或校正值 K_1 、 K_2 的结合具有以下优点: 对于这种从中间测量值 X' 和校正值 K_1 、 K_2 确定测量值 X 的方式, 在所述类型的现有过程测量仪表中迄今使用的测量和分析方法中不需要特别大的变化。

基于等式 (1)、(3)、(5)、(6) 和/或 (7), 现在可以容易地考虑其它影响敏感度的参数而校正中间测量值 X' 。例如, 考虑影响变换器的敏感度的第二参数, 可以以简单的方式获得测量值 X :

$$X = (1 + k_{11} \cdot \theta_1' + k_{12} \cdot \theta_2') \cdot (1 + k_{21} \cdot \theta_1') \cdot X' \quad (8)$$

其中

K_{21} 是第三系数, 其代表估计的温度估计信号 θ_1' 和校正值 K_1 之间的关系, 其中第三系数基于实际上考虑了例如变化的弹性模数的第二参数。

等式 (6) 和等式 (8) 之间的系数比较显示, 校正值 K_2 可以例如从下式计算:

$$K_2 = 1 + k_{21} \cdot \theta_1' \quad (9)$$

为了生成至少一个温度估计信号 θ_1' , 根据本发明另一优选实施例的测量仪表电子装置包括在校正级 KS 前连接的滤波器级 FS , 用于滤波传感器设置 60 提供的温度测量信号, 滤波器级 FS 包括用于温度测量信号 θ_1 的至少第一信号滤波器 SF_1 , 参见图 6。对于校正电路还使用第二温度估计信号 θ_2' 的优选情况, 在滤波器级 FS 中还提供用于温度测量信号 θ_2 的至少第二信号滤波器 SF_2 。

这样设计并相互匹配滤波器级 FS 的信号滤波器 SF_1 、 SF_2 , 特别是这样调整它们的滤波器阶数和滤波器参数, 使得对于这样定义的各

个加权函数 G_{11} 、 G_{21} 以及在其上叠加的各个温度测量信号 θ_1 、 θ_2 ，变换器 10 内的影响测量信号 s_1 和可能的第二测量信号 s_2 的瞬时温度分布被尽可能精确地复制或模拟，不仅考虑各个温度信号 θ_1 或 θ_2 的瞬时信号值，而且考虑相应温度信号 θ_1 、 θ_2 的过去的信号值。另外，信号滤波器 SF_1 、 SF_2 被这样设计，特别是关于它们的信号放大系数和信号延迟，使得至少精确地估计的瞬时温度对于敏感度的影响也被以补偿的方式得到考虑。

优选地，信号滤波器 SF_1 的加权函数 G_{11} 被这样选择，使得响应于温度信号 θ_1 中的变化，例如增高，温度估计信号 θ_1' 的值将在明显的延迟之后与温度信号 θ_1 的瞬时信号值成比例。然后测量仪表电子装置 50B 以相应的方式，响应于第一温度测量信号 θ_1 中的第一温度对应变化，在相应的时间延迟之后在第一校正值 k_1 中有变化。为此，例如加权函数 G_{11} 除了具有成比例放大的成分之外，还具有随时间积分的至少一个一阶或高阶成分。因此，信号滤波器 SF_1 可以是例如低通滤波器。

适用于各个变换器类型的滤波器阶数最好可以在过程测量仪表的设计和展期期间使用测量仪表的原型确定。这可以通过实验完成或者使用计算机辅助数字计算（例如使用有限元方法的算法）完成。基于特别为经验确定的滤波器阶数，实际上适于各个过程测量仪表的滤波器参数可以例如通过测量仪表特定的或测量仪表类型特定的标定方法，特别是结合数字确定滤波器参数的计算算法而确定，并且通过例如最小方差或概括的方法而将它们优化。

根据本发明的另一优选实施例，传感器设置 60 提供的第一温度信号 θ_1 在被分析电路处理之前，在校正值 K_1 的计算之前被第一 A/D 转换器 AD_1 时间离散地采样并转换为第一数字信号 θ_{1D} ，如图 7 和 9 示意性示出的。类似地，如图 8 示意性示出的，优选地类似地使用的第二温度信号 θ_2 被第二 A/D 转换器 AD_2 转换为第二数字信号 θ_{2D} 。

在这个发展的优选实施例中，对于温度测量信号 θ_1 的信号滤波器是数字信号滤波器 SF_{1D} ，其实现用于计算温度估计信号 θ'_1 的以下数字算法：

$$\theta'_{1,t} = \sum_{k=0}^M a_k \cdot \theta_{1,t-k \cdot \Delta t} - \sum_{k=1}^N b_k \cdot \theta'_{1,t-k \cdot \Delta t} \quad (10)$$

其中至少两个，但是优选为 M 个可能的系数 a_k 非零。类似地，第二数字信号滤波器 SF_{2D} 可以用于温度测量信号 θ_2 ，参见图 8。

在等式 (10) 给出的一般计算法则中，如果 N 个可能的系数 b_k 中至少一个非零，那么这样实现的数字信号滤波器 SF_{1D} 将是具有至少理论上无限脉冲响应的递归滤波器；否则，数字信号滤波器 SF_{1D} 将是具有有限脉冲响应的非递归滤波器。

对于温度测量信号 θ_1 、 θ_2 被数字化的上述情况，即，如果它们被以采样顺序的形式使用，并且如果使用具有合适容量的微处理器，特别是信号处理器，那么滤波器级 FS 实际上可以由上述微计算机和相应的软件完全实现，该软件中也包括用于数字信号滤波器的计算算法。另外，校正值 K_1 和测量值 X 都具有优点地通过微计算机执行合适的计算机程序而确定。

根据本发明的公开，本领域熟练技术人员将非常容易地设计合适的数字或混合模拟数字分析电路，特别是合适的滤波器级，其使用有效的温度测量信号 θ_1 、 θ_2 和对于过程量的相应的比较方法，以这样的方式处理测量信号 S_1 或多个测量信号，使得未校正的测量值 X' 与至少一个校正值 K_1 结合，导致测量值 X 具有足够的精度。

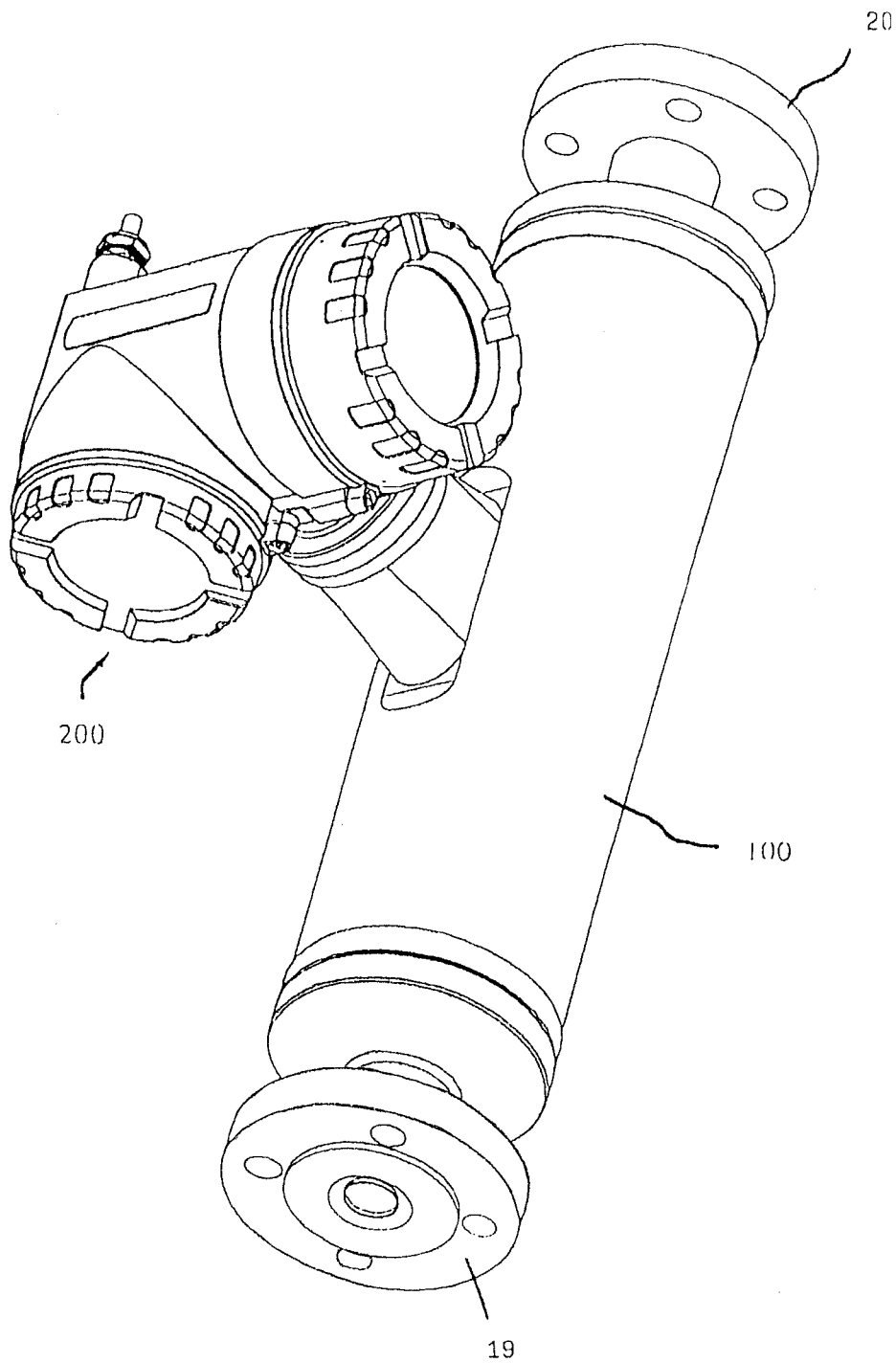


图1

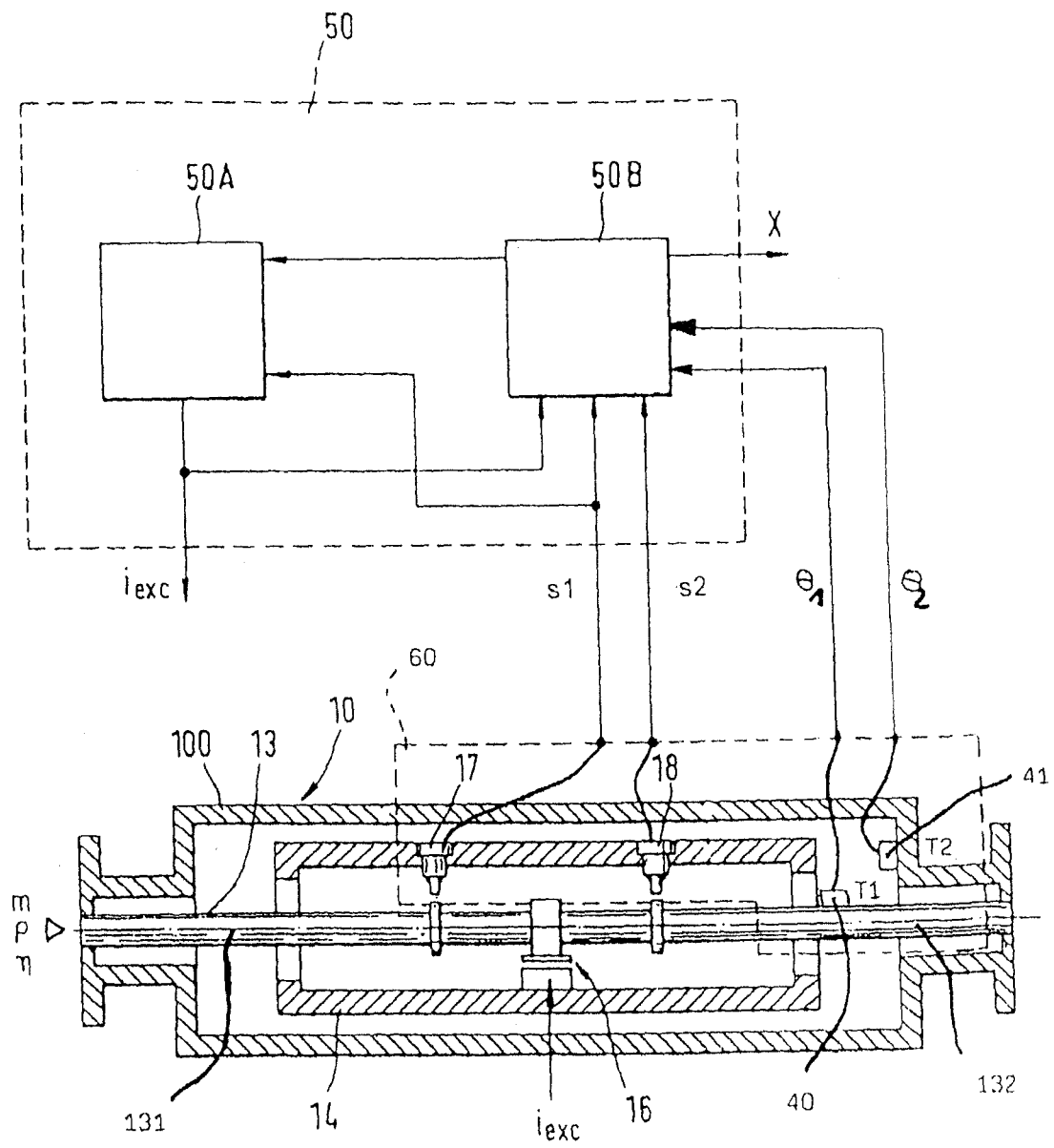


图2

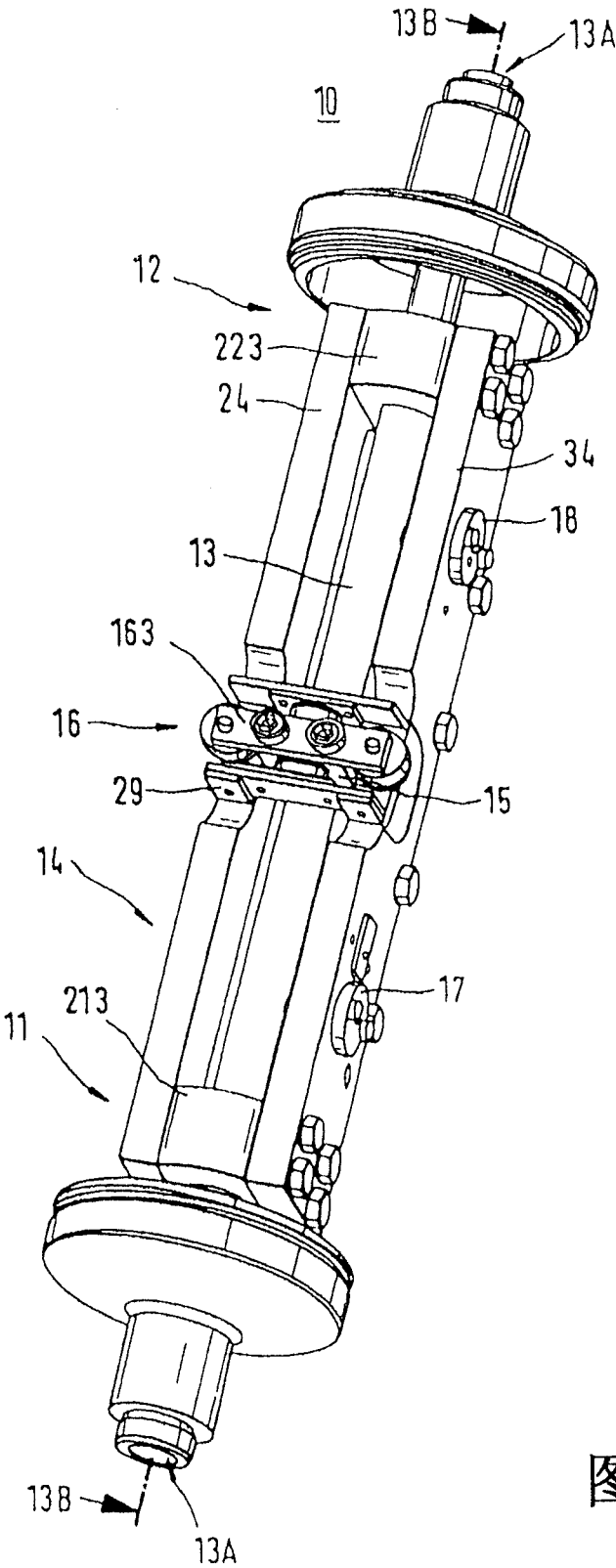


图3

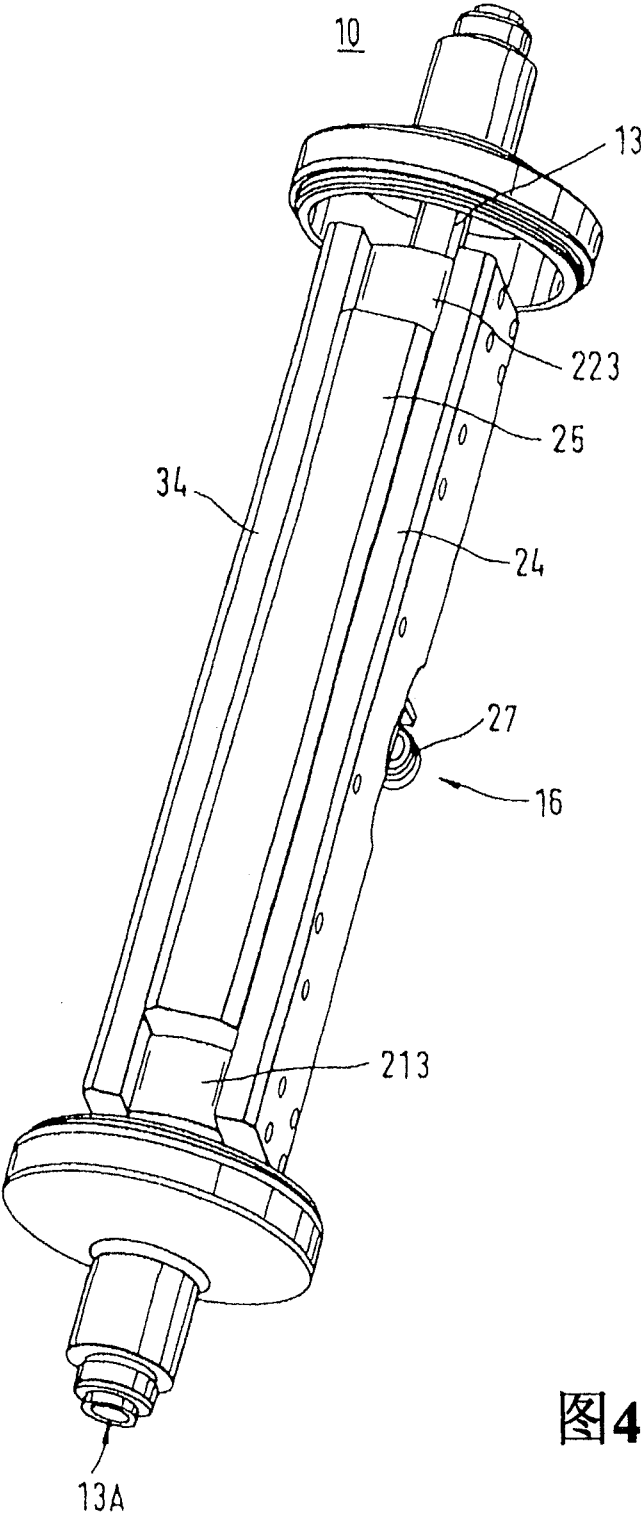


图4

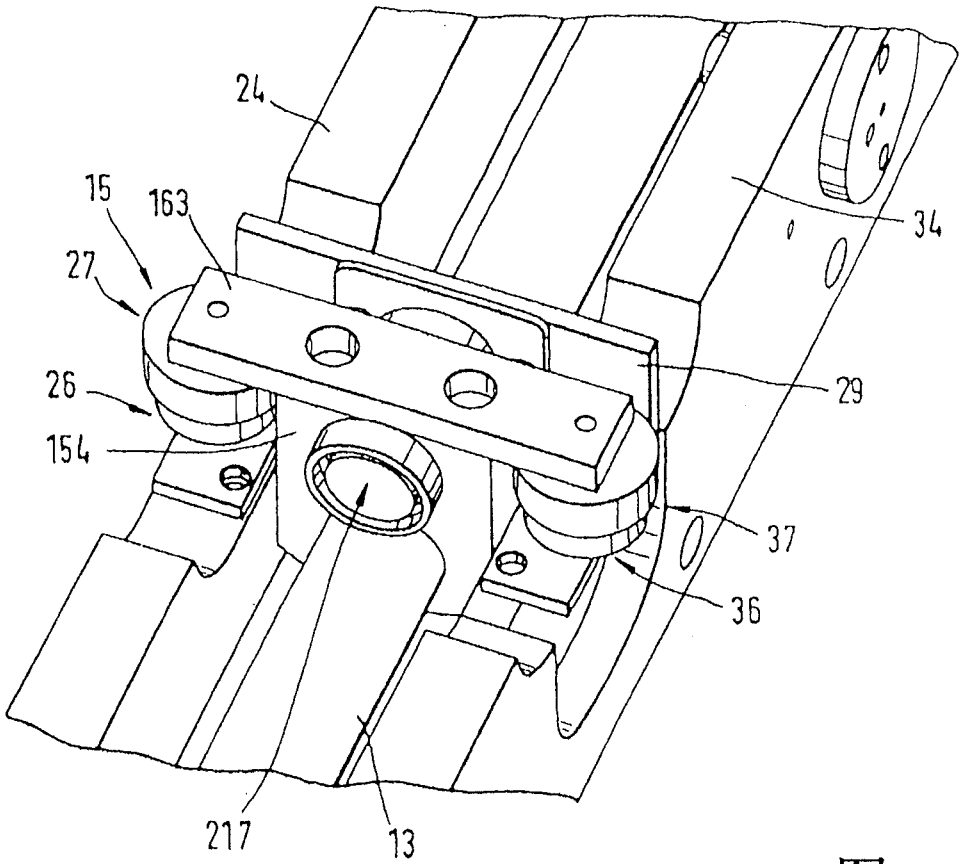


图5

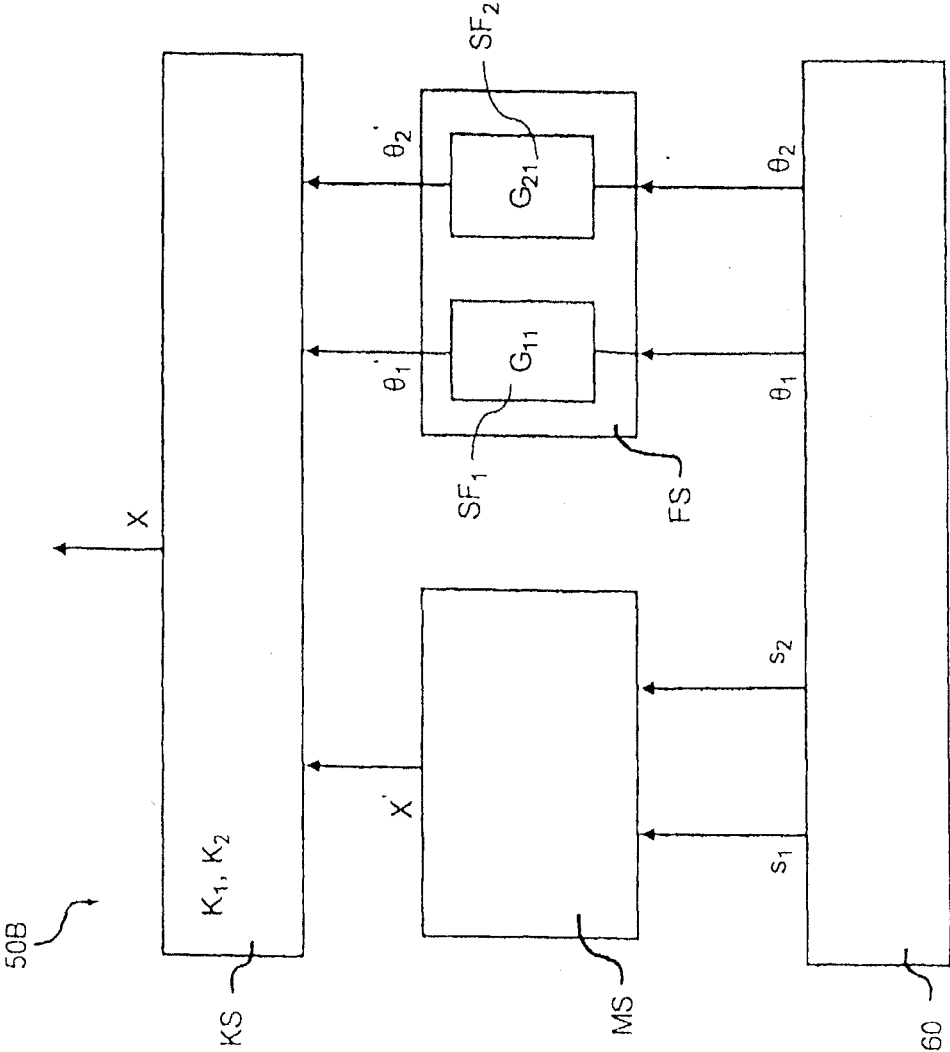


图6

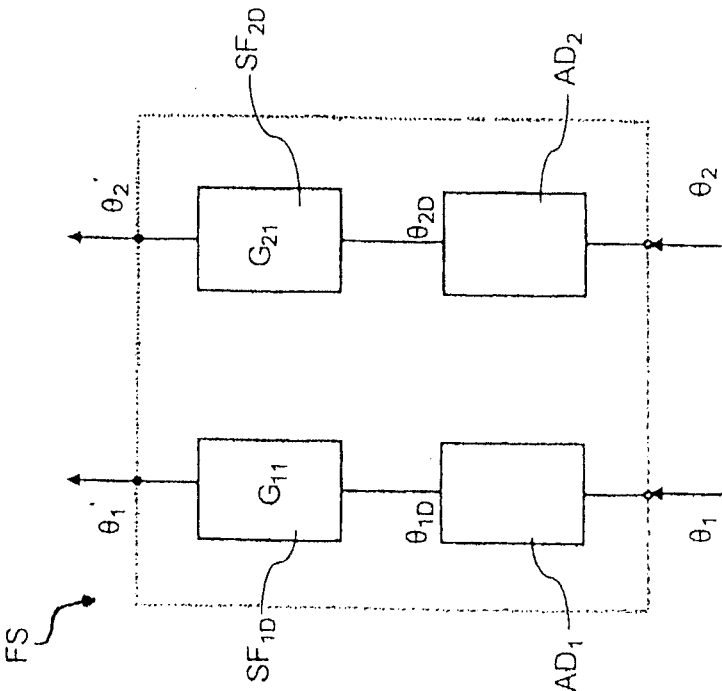


图8

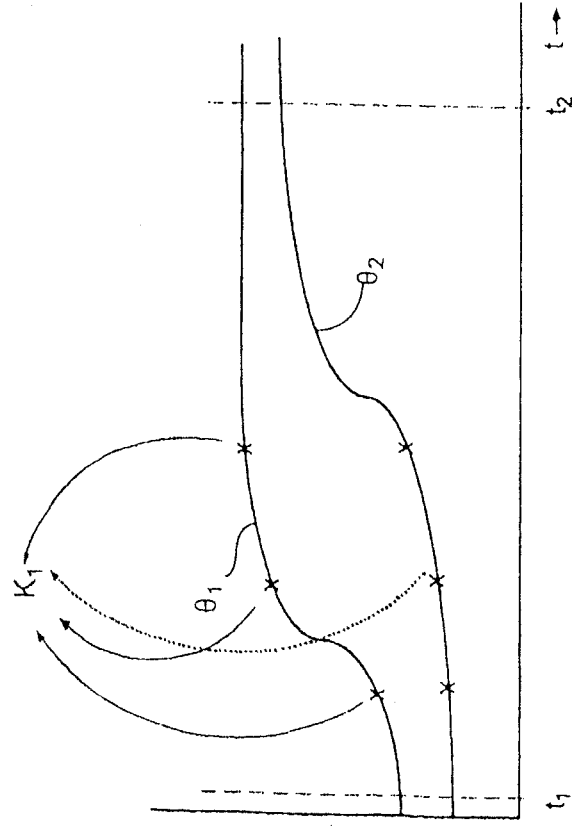


图7