

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01F 23/26 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480013222.1

[43] 公开日 2006年7月26日

[11] 公开号 CN 1809730A

[22] 申请日 2004.5.5

[21] 申请号 200480013222.1

[30] 优先权

[32] 2003.5.16 [33] DE [31] 10322279.0

[86] 国际申请 PCT/EP2004/004700 2004.5.5

[87] 国际公布 WO2004/102133 德 2004.11.25

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.15

[71] 申请人 恩德莱斯和豪瑟尔两合公司

地址 德国毛尔堡

[72] 发明人 阿尔明·韦内特 克莱门斯·海利希
卡伊·乌彭坎普

[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

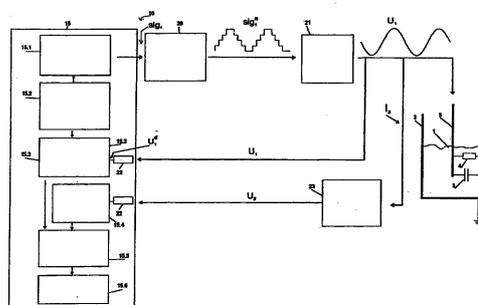
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

电容式料位测量

[57] 摘要

本发明涉及一种装置，用于电容式确定和/或监控容器(2)中介质(1)的料位，其具有至少一个料位探头(5)并且具有至少一个电子现场仪表(10)，该电子现场仪表与料位探头(5)连接，生成用于触发料位探头(5)的电压触发信号(sig_1)以及接收并分析料位探头(5)的测量电流(I_2)。根据本发明，在电子现场仪表(10)中提供至少一个微处理器(15)，该微处理器至少生成电压触发信号(sig_1)并且/或者该微处理器至少分析测量电流(I_2)和/或与其成比例的测量量。



- 5 1. 一种用于电容式确定和/或监控容器 (2) 中介质 (1) 的料位的装置, 具有至少一个料位探头 (5) 并且具有至少一个电子现场仪表 (10), 该电子现场仪表与料位探头 (5) 连接, 生成用于触发料位探头 (5) 的电压触发信号 (sig_1) 以及接收并分析料位探头 (5) 的测量电流 (I_2), 其特征在于, 在电子现场仪表 (10) 中提供至少一个微处理器 (15), 该微处理器至少生成电压触发信号 (sig_1) 并且/或者至少分析测量电流 (I_2) 和/或与其成比例的测量量。
- 10 2. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中, 测量频率和/或电压触发信号 (sig_1) 的形状可由微处理器 (15) 调节。
- 15 3. 根据权利要求 1 或 2 所述的装置, 其中电压触发信号 (sig_1) 是比特模式的。
- 20 4. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的装置, 其中提供至少一个数/模转换器 (20), 其将数字电压触发信号 (sig_1) 转换为模拟电压触发信号 (sig_1^a)。
5. 根据权利要求 4 所述的装置, 其中提供至少一个滤波器 (21), 其将模拟电压触发信号 (sig_1^a) 转换为正弦波触发电压 (U_1)。
- 25 6. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中提供至少一个流/压转换器 (23), 其将测量电流 (I_2) 转换为与测量电流 (I_2) 成比例的电压信号 (U_2)。
- 30 7. 根据权利要求 1 或 6 所述的装置, 其中提供至少一个模/数转换器 (22), 其将与测量电压 (I_2) 成比例的电压信号 (U_2) 数字化。

8. 根据权利要求 1 或 6 所述的装置，其中在电子现场仪表（10）中的微处理器（15）直接扫描测量电流（ I_2 ）和/或与测量电流（ I_2 ）成比例的电压信号（ U_2 ）。
- 5 9. 根据权利要求 5 所述的装置，其中提供至少一个模/数转换器（22），其将正弦波触发电压（ U_1 ）转换为数字化的正弦波触发电压（ U_1^d ）。
- 10 10. 根据权利要求 5 所述的装置，其中在电子现场仪表（10）中的微处理器（15）直接扫描正弦波触发电压（ U_1 ）。
11. 根据权利要求 5、9 或 10 所述的装置，其中在分析测量电流（ I_2 ）和/或与其成比例的测量量中，电子现场仪表（10）中的微处理器（15）使用正弦波触发电压（ U_1 ）作为参考。
- 15 12. 根据权利要求 1-11 之一所述的装置，其中这样实现电子现场仪表（10）中的微处理器（15），使得执行沉积物检测。

电容式料位测量

5 本发明涉及一种装置，用于电容式确定和/或监控容器中介质的料位，其具有至少一个料位探头并且具有至少一个电子现场仪表，该电子现场仪表与料位探头连接，生成用于触发料位探头的电压触发信号（ sig_1 ）并且接收并分析料位探头的测量电流（ I_2 ）。

10 用于测量料位的电容式测量仪表多年来已为人所知。突出伸入容器和容器壁的探头，或者突出伸入容器的两个传感器形成电容器。这个电容 C_1 依赖于待测介质的料位和介电常数。于是，从电容可以得到料位。

15 一种已知的测量这个电容 C_1 的可能方法是视在电流测量。例如，利用现有的整流电路在待测电容 C_1 测量以一定频率和电压流经构成传感器的电容器、介质和容器壁的交流电流的量。然而，视在电流 I_s 不仅依赖于电容 C_1 ，而且还依赖于待测介质的电导率 R_1 。特别地对于松散材料，电导率 R_1 依赖于多种因素，例如温度或湿度，因而获得的结果不精确。

20 一种用于抑制这种并行电导率的影响的方法是以相对较高的频率测量。视在电流 I_s 的流经电容 C_1 的部分与频率成比例，相反，由电导率 R_1 引起的部分保持恒定。于是，在高频率处，容性部分总是占主导地位。然而，经验说明，利用具有高寄生电感的长探头，以高频率（ >100 kHz）测量是困难的。

25 测量电容 C_1 的另一种方法是不测量视在电流 I_s ，而是测量在电流和电压之间相差角为 90° 的无功电流，其等效于测量纯电容。这可以例如利用同步整流电路（参见专利 DE 42 44 739 C2）完成。对于某

些介质，这种方法具有缺点。在具有低介电常数和高电导率的介质中，由于无功电流基本消失而发生困难，而这种介质可以使用视在电流测量方法而被很好的测量。另外，已知这种现有的同步整流电路易受电磁干扰的影响。

5

测量中的问题例如来自使用的元件的公差以及来自在测量探头上可能发生的来自待测介质的沉积物。这个沉积物有时严重影响测量信号并因而影响测量值。

10

因此，本发明的任务是尽可能精确地电容式测量料位。

15

根据本发明这样实现这个任务：在电子现场仪表中提供至少一个微处理器，该微处理器生成电压触发信号（ sig_1 ）并且/或者该微处理器至少分析测量电流（ I_2 ）和/或与其成比例的测量量。与测量电流（ I_2 ）成比例的测量量例如是与这个电流 I_2 成比例的电压，其可以例如利用欧姆电阻器获得。

20

于是，基本思想是，微处理器生成电压触发信号（ sig_1 ）并因而预先给定测量频率，并且/或者微处理器分析测量信号，即测量电流（ I_2 ）。微处理器也可以独立地设置测量及激励方法，例如通过根据来自不同采样测量方法的结果选择最优方法，并且根据需要还可以在工作期间例如在不同的现场条件下分别设置最优测量方法。这例如对于介电常数或电导率值随时间变化的介质是有意义的。于是，微处理器根据需求，执行视在电流测量和/或无功电流测量和/或有功电流测量。因为探头分析电流的相位角可以由软件在较宽范围中任意选择，所以这是有可能的。于是，可以进行电导率测量。于是这些不同的测量方法可以相互结合，并且可以有更多的分析可能以及信息获取。微处理器还执行线性化以及缩放信号的功能。由于使用微处理器，进一步有可能生成不同的输出信号，它们依赖于输出信号的进一步使用或者依赖于所用的传输协议。例如，可以生成 4~20 mA 信号、0~10 V

25

30

信号、PFM 信号（脉冲调频信号）、或二进制开关信号。然而，还可以想象，对于不同传输协议或使用目的，生成并输出多个输出信号（4~20 mA、0~10 V、PFM 信号、二进制开关信号等）。如果在单个测量周期之间合并了间隔，在该间隔期间将微处理器切换至节能模式并且没有电流流经探头，那么电流消耗也可以减少为电容式传感器的通常值的几分之一。这特别对于 NAMUR 应用是有优点的。于是，微处理器对于测量方法以及进一步的处理提供了一定的灵活性。由于在使用模拟电路在现有技术中获得的大多数功能现在切换到微处理器或它的软件中，所以经济地制造基于平台的变型大大简化。

5

在一个实施方式中，微处理器可调节测量频率和/或电压触发信号（ sig_1 ）的形状。于是，例如如果由于给定条件而使得无功电流测量不很合适而且高频的视在电流测量更为有效，那么可以设置较高的频率。利用微处理器，很容易生成时钟频率以下的几乎任一频率。相应地，优点是利用微处理器对于测量条件最优地设置频率。

10

在一个实施方式中，电压触发信号（ sig_1 ）是比特模式的。典型地，以 2 或 3 比特的分辨率输出这个比特模式。

15

在一个实施方式中，提供至少一个数/模转换器，其将数字电压触发信号（ sig_1 ）转换为模拟电压触发信号（ sig_1^a ）。微处理器生成数字信号，该数字信号为了进一步处理必须为模拟形式。这个转换可以利用例如简单的电阻网络实现。

20

在一个实施方式中，提供至少一个滤波器，其将模拟电压触发信号（ sig_1^a ）转换为正弦波触发电压（ U_1 ）。滤波器例如是低通或带通滤波器。然而，还可以使用具有特定谐波成分的任何其它信号形状用于测量。为此，正弦波信号应当被看作仅仅是个例子。本领域技术人员可以看到其它实现方法。对于滤波器，同样也证实了，如果电压触发信号（ sig_1 ）是比特模式是有益的。如果很好地选择了滤波器的极

25

限频率和电阻网络的分度，可以由每一电压触发信号 (sig_1) 以任意测量频率生成正弦波信号而无需切换滤波器的极限频率，因为需要平滑的仅仅是单独的分度。因此频率转换可以通过微处理器中的软件容易地实现，并且不需要模拟滤波器中的转换。

5

在一个实施方式中，提供至少一个流/压转换器，其将测量电流 (I_2) 转换为与测量电流 (I_2) 成比例的电压信号 (U_2)。与电流信号不同，这种电压信号例如可以用于数字扫描。在最简单的实施方式中，流/压转换器是欧姆电阻器。

10

在一个实施方式中，提供至少一个模/数转换器，其将与测量电压 (I_2) 成比例的电压信号 (U_2) 数字化。以数字形式，微处理器可以分析测量电流 (I_2) 或与其成比例的电压信号 (U_2)。

15

在一个具有优点的实施方式中，电子现场仪表中的微处理器直接扫描测量电流 (I_2) 和/或与测量电流 (I_2) 成比例的电压信号 (U_2)。于是不需要同步整流器或类似的分析。微处理器直接扫描测量信号和/或与其成比例的信号（在这个情况中是电压）。这减少了成本并且还例如防止由插入的电子仪器引起的误差或不精确。特别地，利用现有的整流电路整流否则将干扰测量的外部辐射。这使得这个分析方法基本上非常不易受到干扰辐射和入射的攻击。

20

在一个具有优点的实施方式中，提供至少一个模/数转换器，其将正弦波触发电压 (U_1) 转换为数字化的正弦波触发电压 (U_1^d)。这对于在微处理器中的分析是很重要的。以这种方式，测量探头经受的信号也发送给微处理器。通过模拟电子部分能够出现触发信号的改变，这个改变在分析测量信号时通过反馈而引入。因为在分析中引入触发信号，所以还有可能例如检测、报告或计算出干扰、误差等。可以比较电压触发信号 (sig_1) 和正弦波触发电压 (U_1)。如果触发信号和测量信号都由参考同一参考电压（例如处理器的电源电压）的模/

25

30

数转换器处理，那么不需要调节激励电压/操作电压，这使得在模拟电路上的花费大为减少。

5 在一个具有优点的实施方式中，在电子现场仪表中的微处理器直接扫描正弦波触发电压 (U_1)。于是，两个信号都被直接扫描，并且也可以例如直接通过两个信号之间的相位差而确定相应的测量量（无功电流、视在电流和有功电流）。这个实施方式和前面的具有分析激励信号的实施方式也得到了用于分析测量信号的参考值。这个实施方式以及前面讨论的实施方式中呈现的思想基本上不受温度因素以及测量仪表的模拟部分中的元件公差的影响，因为测量结果是通过电压 U_1 和 U_2 的比率而获得的并且相位和幅度偏差对于 U_1 和 U_2 的影响相同。于是通过分析激励信号，恒定地进行参考测量。这简化了分析。

15 在一个具有优点的实施方式中，在分析测量电流 (I_2) 和/或与其成比例的测量量中，电子现场仪表中的微处理器使用正弦波触发电压 (U_1) 作为参考。于是，可以更精确地分析例如相位，从而可以从一次测量获得更多的测量量（无功电流、视在电流和有功电流），这又提供了更多的信息，例如沉积物检测。

20 在一个具有优点的实施方式中，这样实现电子现场仪表中的微处理器，使得执行沉积物检测。通过分析触发信号和与测量电压成比例的电压信号之间的相位并分析视在电流，例如可以知道测量探头上是否已经形成了沉积物，或者沉积物是否在增加。这可以通过数字扫描总测量信号或者通过使用触发信号作为参考而实现。如果例如有功电流 I_w 随时间变化，那么可以得到关于沉积物的结论。

30 于是在本发明中，直接扫描触发信号和测量信号或与其成比例的电压。由于对两个信号分布的完全扫描，所以可以例如利用一次测量确定相位和视在电流。这不仅允许确定电容和料位，而且使得可以检测测量传感器上的沉积物，从而可以发出特殊警报用于预防性的维

护，以引起对沉积物的注意并可以尽可能快地对其作出反应。

下面结合附图进一步详细地说明本发明。附图中：

图 1 是装置的电路框图；和

5 图 2a 和 2b 是在两组不同的现场条件下，入射信号随时间变化的两条曲线。

10 图 1 是一种可能的实施例的电路框图。电路的中央元件是微处理器 15，其在电子现场仪表 10 之内，利用不同的示例性功能模块 15.1~15.6 执行以下功能：

用于输出测量信号的单元 15.1 输出比特模式，用于以由微处理器合适地设置的测量频率生成方波或阶梯信号。典型地，这个比特模式以 2 或 3 比特的分辨率输出并且可以由简单的电阻网络 20 转换为模拟阶梯电压 sig_1^a （最简单的是数/模转换）。这个阶梯电压 sig_1^a 被
15 随后的滤波器 21，例如低通或带通滤波器转换为正弦波测量电压 U_1 。在单元 15.2 中，控制信号发生（测量频率的选择）以及模/数转换器 22 的期望扫描时间点。在另一功能模块 15.3 中，测量模/数转换器 22 下游的激励电压 U_1 。对于模数转换器 22 下游的测量信号电压 U_2 也是同样的，该测量电压 U_2 与流经探头的电流 I_2 成正比并且是利用流/压转换器 23 生成的。接下来，在功能模块 15.5 中进行测量电压 U_1 和 U_2
20 的比率形成、缩放和线性化，即，实际的分析。分析测量信号的相位角差可以使用微处理器而简单且实际地设置。然而，微处理器还允许完全扫描测量信号，使得分析测量信号的整体分布，而不是仅使用测量信号的单个值用于分析。结果，可以确定测量电压 U_1 和测量信号
25 电压 U_2 以及无功电流之间的相位。这使得可以确定电容并且例如可以判断在测量传感器 5 上是否有沉积物。增加测量数据点的数目也增加了信息。在分析中，也可以提供与功能模块 15.2 的连接，从而根据获得的结果，例如还结合预先给定的极限值，执行最优的测量和分析方法。另外，生成合适的输出信号，其也可以根据需要经过数/模转换器。
30 根据获得的值，可以由功能模块 15.6 生成期望的输出信号，并且

例如经由数/模转换器或数字端口将其输出。在实施例中显示了微处理器，其具有多个功能模块。自然，也可以有执行不同任务的多个互连的微处理器。还显示了具有介质 1 的容器 2，测量传感器 5 插入该介质。还显示了电容器 3，其来自传感器 5 和容器 2 的壁。另外，

5 传感器 5、介质 1 和容器 2 的壁还形成了电阻 4，电流流经该电阻。

在图 2a 和 2b 中，将信号 sig_1 、 U_1 和 U_2 显示为时间的函数。激励电压 U_1 在由滤波引起的一定相位延迟之后跟随由微处理器生成的信号 sig_1 。可以通过使用在微处理器 15 中扫描的激励电压 U_1 作为参考，在分析中引入这个相位延迟。如果假设探头/介质/容器配置的纯电容特性为电容 C_1 （图 2a），那么与流经探头的电流成比例的电压 U_2 与电压 U_1 相位偏移 90° 。如果以与激励电压 U_1 精确相位偏移 180° 测量电压 U_2 ，那么当探头具有纯电容负载时，总是获得 U_2 的最大幅度（以 U_c 指示）。

10

15

如果除了电容 C_1 ，还假设了介质的并行电阻 R_1 （图 2b；与图 1 对比），那么流经探头的电流以及电压 U_2 的量增加。与此同时， U_1 和 U_2 之间的相位角小于 90° 。然而，在这种情况下，如果以相对于激励电压 U_1 为 180° 的相位角测量电压 U_2 ，那么 U_c 的幅度与图 2a 中所示的情况相比不发生改变。以这种方式，可以独立于并行电阻 R_1 测量电容 C_1 。由于在电容式测量中许多问题是由导电沉积物和改变待测介质的电导率的湿度波动引起的，所以这对于使用者具有显著的优点。这个沉积物可以通过分析视在电流 I_s 而检测到。通过扫描整体测量信号，可以分析无功电流和视在电流。在图 2b 中，显示了 U_1 和 U_2 之间的相位或相位角 ϕ 。利用这个相位，测量电压 U_2 的有功部分 U_w 可以如下计算： $U_w = U_2 * \cos(\phi)$ 。利用这个值，可以检测沉积物，因为沉积物的增加通常与有功部分的增加相关联。利用等式 $U_B = U_2 * \sin(\phi)$ 计算测量电压 U_2 的无功部分 U_B 。这个值可以确定电容并因而可以确定介质料位。

20

25

30

附图标记	
	1 介质
	2 容器
	3 电容
5	4 电阻
	5 料位探头
	10 电子现场仪表
	15 微处理器
	15.1 生成测量电压
10	15.2 控制信号生成+扫描
	15.3 测量激励电压
	15.4 扫描测量信号
	15.5 参考、缩放并线性化
	15.6 生成输出信号
15	20 数/模转换器
	21 滤波器
	22 模/数转换器
	23 流/压转换器

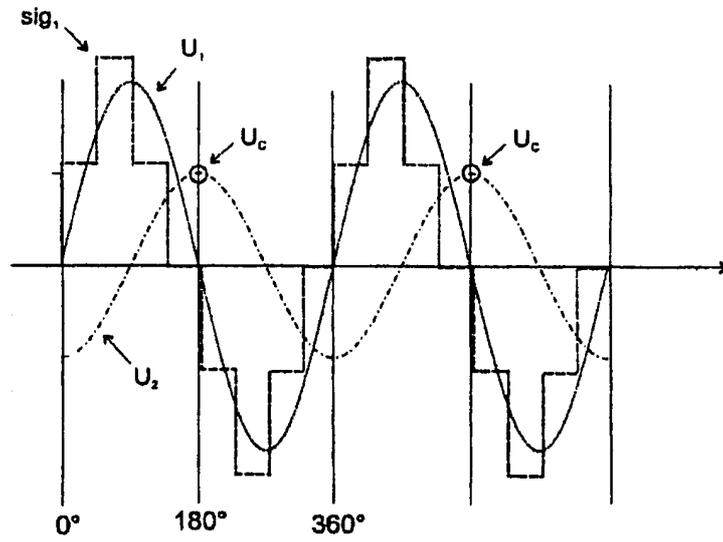


图2a

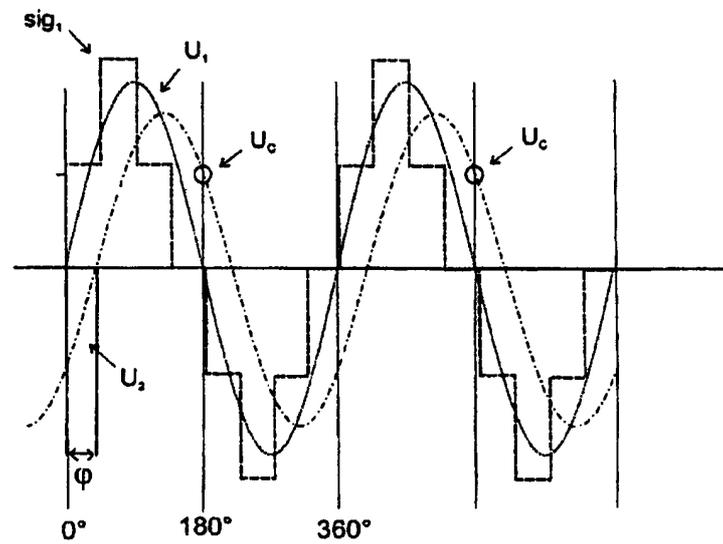


图2b