



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 920390

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 25.02.80 (21) 2914960/18-10

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.04.82. Бюллетень № 14

Дата опубликования описания 18.04.82

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 01 F 23/28

(53) УДК 681.

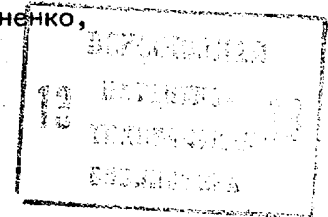
.128.083.2

(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

С.И. Емец, В.А. Резвицкий, Ю.К. Тараненко,  
В.Д. Шалынин и И.Г. Ханин

(71) Заявитель



(54) ВИБРАЦИОННЫЙ УРОВНЕМЕР ЖИДКОСТИ

1

Изобретение относится к устройствам для измерения уровня жидкостей, находящихся под атмосферным давлением, и может найти применение для измерения уровня рабочей жидкости при функциональных испытаниях гидроприводов в машиностроительной промышленности.

Известен вибрационный уровнемер жидкости, содержащий датчик выполненный в виде сдвоенного трубчатого камертона сообщающегося с основной емкостью и снабженного системой возбуждения и съема колебаний [1].

Недостатком датчика является существенная нелинейность частотного выходного сигнала, а также погрешность связанная с температурным изменением модуля упругости материала резонатора.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности является частотный датчик уровня содержащий резонатор, закрепленный на

2

упругом элементе, систему возбуждения и съема колебаний резонатора, усилитель [2].

Недостатком датчика является низкая чувствительность измерения уровня в узком диапазоне, вследствие малой величины девиации частоты.

Цель изобретения - повышение чувствительности измерения в узком диапазоне изменения уровня.

Поставленная цель достигается тем, что вибрационный уровнемер жидкости, содержащий резонатор, сообщающийся с основной емкостью систему возбуждения и съема колебаний резонатора, включающую возбуждатель и приемник колебаний, которые соединены с усилителем, и измерительный прибор, снабжен узлом изменения присоединенной массы, выполненным в виде пропорционального преобразователя перемещения, шток которого выполнен в виде одинарного камертона, концы ветвей которого размещены внутри ветвей ре-

зонатора, причем пропорциональный преобразователь соединен цепью обратной связи, выполненной в виде последовательно соединенных усилителя мощности, дискретно-аналогового преобразователя, подключенного к измерительному прибору низкочастотного фильтра и смесителя частот подключенного к генератору опорной частоты, с усилителем.

На чертеже представлена схема вибрационного уровнемера жидкости.

Уровнемер содержит основную емкость 1, уровень в которой измеряют, резонатор 2, сообщающийся с основной емкостью, одинарный камертон 3, систему возбуждения и съема колебаний резонатора, содержащую возбудитель 4 колебаний и приемник 5 колебаний, усилитель 6, опорный генератор 7, смеситель 8 частот, низкочастотный фильтр 9, дискретно-аналоговый преобразователь 10, усилитель 11 мощности, узел изменения присоединенной массы, выполненный в виде пропорционального преобразователя 12 перемещения, измерительный прибор 13, шток пропорционального преобразователя перемещения выполнен в виде одинарного камертона, концы ветвей которого 14 и 15 размещены внутри ветвей резонатора, и направляющие штока 16.

Основная емкость 4, сообщается с помощью трубопровода с резонатором 2, выполненным в виде одинарного трубчатого камертона, причем основанием камертона может служить участок соединительного трубопровода.

Такое выполнение резонатора позволяет повысить добротность колебательной системы, так как амплитуда колебаний основания камертона минимальна, что уменьшает диссипацию энергии колебаний.

Узел изменения присоединенной массы включает сплошной камертон 3, ветви которого установлены коаксиально в ветвях трубчатого резонатора 2, причем концы ветвей 14 и 15 выполнены в форме конусов. Основание камертона 3 установлено в направляющих 16 и является частью штока 17 пропорционального преобразователя 12 перемещений. Электромагнитная система 4 возбуждения колебаний резонатора включена на выход усилителя 6 автогенератора, на вход которого включена электромагнитная система 5 съема

колебаний резонатора 2. Выход усилителя 6 подключен на один вход смесителя 8 частот, на второй вход которого подключен выход опорного генератора 7. Выход смесителя 8 подключен на вход фильтра 9, выход которого подключен на вход дискретно-аналогового преобразователя 10, выход которого подключен на вход усилителя 11 мощности. Выход усилителя 11 мощности подключен на вход пропорционального преобразователя 12 перемещения и на измерительный прибор 13. В качестве пропорционального преобразователя 12 перемещения, можно использовать, например, электромеханический преобразователь.

Материал для трубчатого камертона 2 - сплав 36НХТЮ (ЭИ-ТQ1). В качестве смесителя 8 частот, можно использовать, например, балансный модулятор, усилитель 6, НЧ усилитель, собранный по схеме с автоматической регулировкой усиления для обеспечения устойчивого режима автоколебаний. Дискретно-аналоговый преобразователь 10, например, стандартный конденсаторный частотомер. Фильтр 9 низких частот и усилитель 11 мощности, могут быть собраны по типовым схемам, или применены серийные выпускаемые приборы. Ветви одинарного трубчатого камертона 2 обладают переменной по длине чувствительностью к массе жидкости. Максимальная чувствительность трубчатого камертона достигается в точке ветви, в которой можно сосредоточить распределенную массу, при этом частота колебаний останется равной частоте системы с распределенной массой.

Точка приведения распределенной массы ветви камертона с измеряемой жидкостью находится на расстоянии  $Z = 0,76l$  от основания. В этой точке устанавливаются ветви 14 и 15 камертона 3, масса ветвей 14 и 15, расположенных в точке  $Z = 0,76h$  ( $l \approx h$ ), максимально сказывается на частоте, если разность внутреннего диаметра ветвей камертона 2 и ветвей камертона 3 меньше учетверенной амплитуды колебаний ветвей камертона 2. Это условие общеизвестно и применительно к проявлению свойств малой сжимаемости жидкости в вибрирующих зазорах.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость из емкости 1 заполняет ветви камертона 2, до того же уровня, что и в емкости. Начальный импульс от приемника 5 колебаний поступает на вход усилителя 6, с выхода которого подается на возбудитель 4 колебаний. Таким образом в цепи усилителя 6 возникают незатухающие автоколебания с частотой, связанной с уровнем жидкости в ветвях. Так как наконечники 14 и 15 касаются жидкости, то последняя действует на них с усилием, определяемым из соотношений

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0); \quad (1)$$

$$\dot{x} = x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0); \quad (2)$$

$$\Delta P = 2 \frac{\gamma x^2}{2} = \gamma \dot{x}^2; \quad (3)$$

$$F_B = \Delta P f_K = \gamma \dot{x}^2 f_K \quad (4)$$

$$f_K = \frac{2}{3} \pi h^2 \frac{\sin d}{\cos^2 d}; \quad (5)$$

где  $f_K$  - поверхность конуса при погружении его на уровень в жидкость;

$\Delta P$  - потеря давления на поверхности конуса при обтекании его жидкостью;

$2d$  - угол при вершине конуса;

$\gamma$  - коэффициент гидродинамического сопротивления;

$\omega$  - круговая частота колебаний резонатора;

$t$  - время;

$\varphi_0$  - начальная фаза;

$F_B$  - сила, действующая со стороны жидкости на ветви камертона 3;

$x$  - перемещение жидкости вместе с ветвями камертона 2 с амплитудой  $x_0$ .

Так как жидкость действует на ветви камертона 3 с усилием  $F_B$ , сообщая им ускорение

$$\ddot{x} = -x_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0); \quad (6)$$

то масса жидкости возрастает на величину, так называемой присоединенной массы, равной

$$m_{\text{пр}} = \frac{F_B}{|\ddot{x}|} = \frac{2}{3} \pi \gamma x_0^2 h^2 \frac{\sin d \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{\cos^2 d \sin(\omega t + \varphi_0)}; \quad (7)$$

Если ввести обозначение:

$$A(t) = \frac{2}{3} \pi \gamma x_0^2 \frac{\sin d \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{\cos^2 d \sin(\omega t + \varphi_0)}; \quad (8)$$

получим  $m_{\text{пр}} = A(t) h^2$ .

Чтобы определить как связано изменение присоединенной массы с частотой

колебаний ветвей, продифференцируем выражение для резонансной частоты камертона

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}; \quad (10)$$

где  $K$  - жесткость камертона

$$\Delta f_p = \frac{\Delta m}{4\pi m} \sqrt{\frac{K}{m}}; \quad (11)$$

Из (11) видно, что с увеличением растёт и девиация частоты  $\Delta f_p$

так как  $\Delta m = \Delta m(H) \pm \Delta m_{\text{пр}}(h)$ , (12)

где  $\Delta m(H)$  - увеличение массы в резонаторе при изменении уровня  $H$ ;

$\Delta m_{\text{пр}}(h)$  - изменение присоединенной массы резонатора за счет введения или выведения камертона 3.

Частота колебаний с усилителя 6 поступает в смеситель 8 на другой вход которого подается частота от опорного генератора 7, соответствующая определенному уровню  $H_0$ . Если уровень отклоняется от  $H_0$ , то на выходе смесителя 8 появляется сигнал, который после выделения низкочастотной составляющей в фильтре 9 преобразуется в дискретно-аналоговом преобразователе в ток или напряжение, который после усиления в усилителе 11 мощности с помощью пропорционального преобразователя 12 перемещает камертон 3 до тех пор пока не выполнится равенство

$$\Delta m = \Delta m(H) - \Delta m_{\text{пр}}(h) = 0; \quad (13)$$

$$\Delta f = \frac{\Delta m}{4\pi m} \sqrt{\frac{K}{m}} = 0. \quad (14)$$

Сигнал с пропорционального преобразователя 12 линейно зависит от измеряемого уровня и может быть подан непосредственно на управляющий механизм.

Предлагаемое изобретение выгодно отличается от известного, так как позволяет повысить чувствительность измерения в узком диапазоне изменения уровня и при этом используется компенсационная схема, которая позволяет снизить требования по точности к прямому каналу в  $\beta$  раз, где  $\beta$  - коэффициент передачи обратной связи. Кроме того, устройство позволяет получить аналоговый выходной сигнал, который можно непосредственно подать на исполнительный механизм.

## Формула изобретения

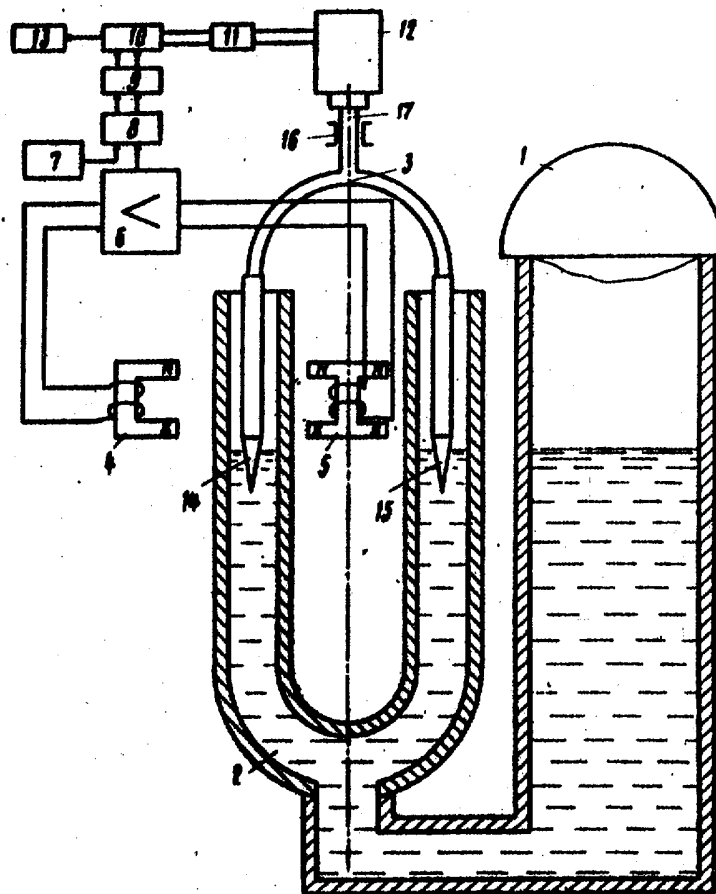
Вибрационный уровнемер жидкости, содержащий резонатор, сообщающийся с основной емкостью, систему возбуждения и съема колебаний резонатора, включающую возбудитель и приемник колебаний, которые соединены с усилителем, и измерительный прибор, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, уровнемер снабжен узлом изменения присоединенной массы, выполненным в виде пропорционального преобразователя перемещения, шток которого выполнен в виде одинарного камертона, концы ветвей которого размещены внутри ветвей резонатора, причем про-

порциональный преобразователь перемещения соединен цепью обратной связи, выполненной в виде последовательно соединенных усилителя мощности, дискретно-аналогового преобразователя, подключенного к измерительному прибору, низкочастотного фильтра и смесителя частот, подключенного к генератору опорной частоты, с усилителем.

## Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 648833, кл. G 01 F 23/28, 1978.
2. Новицкий П.В. и др. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л., "Энергия", 1970, с. 114 (прототип).



ВНИИПИ Заказ 2317/39

Тираж 671 Подписное

Филиал ППП "Патент",  
г. Ужгород, ул. Проектная, 4