

УДК 621.317

О.Н. Сухоручко¹, А.П. Корецкий¹, А.В. Голик²¹Институт радиофизики и электроники НАН Украины²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТЕЙ. ЧАСТЬ 2

В работе приведены результаты разработки и экспериментального исследования акустического уровнемера погружного типа, предназначенного для измерения различных параметров жидкости в резервуарах, в том числе во взрывоопасных зонах. Получены аналитические выражения для калибровки и учета погрешностей прибора.

акустический уровнемер погружного типа, калибровка, погрешность

Введение

Контроль количества топлива в резервуарах заправочных станций в подавляющем большинстве случаев осуществляется по показанию уровнемера. При растущих ценах на горюче-смазочные материалы борьба с воровством и государственный надзор стали действенными факторами, побуждающими к совершенствованию систем контроля, повышению точности их измерений, оперативности предоставления данных для последующего анализа [1 – 3]. В первой части данной работы рассмотрены функциональные блоки ультразвукового уровнемера [4]. Во второй части рассмотрим принцип действия прибора и приведем полученные характеристики.

Принцип работы уровнемера

Принцип работы уровнемера состоит в следующем. С помощью системно встроенного кварцованного таймера сначала измеряется время $t_{ур}$ распространения сигнала от акустического излучателя до уровня контролируемой жидкости. Затем проводится самокалибровка уровнемера - измеряются времена распространения сигнала до встроенных меток и вычисляются значения уровня $h^l_{ур}$ контролируемой жидкости

$$h^l_{ур} = \left[\frac{h_{МВ} - h_{МН}}{\tau_{МВ} + \frac{\tau_{МВ} - \tau_{МН}}{\tau_{МН} - \tau_{МН}}} \cdot (\tau_{ур} - \tau_{МН}) \right] \cdot \tau_{ур} + h_{изл}$$

где $h_{изл}$ – высота излучателя над дном резервуара; $h_{МН}$ – высота над излучателем метки, ближайшей к уровню жидкости; $h_{МВ}$ – высота над излучателем второй от уровня метки; $\tau_{МВ}$, $\tau_{МН}$ и $\tau_{ур}$ соответственно времена распространения сигнала до первой и второй от уровня меток.

При использовании поплавка-успокоителя значение уровня $h^l_{ур}$ корректируется на глубину погружения поплавка $\Delta_{полп}$: $h^n_{ур} = h^l_{ур} + \Delta_{полп}$, поскольку

в данном случае $h^l_{ур}$ определяет время распространения сигнала от излучателя до дна поплавка.

При изменении температуры t^0 контролируемой среды происходят изменения [5]:

а) расстояний h_m от излучателя до меток по сравнению с паспортными данными на величину

$$\Delta h = h_m \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} (t^0 - t_k)$$

где t_k – температура калибровки h_m .

Для уровнемеров, у которых по условиям эксплуатации эта величина может выйти за пределы 0,5 мм, значение уровня корректируется

$$h^t_{ур} = h^l_{ур} + \Delta h;$$

б) плотности контролируемой жидкости, что приводит к изменению глубины погружения поплавка-успокоителя [6]

$$\Delta h_p = \Delta_{полп} \cdot \beta (t^0 - t_k)$$

где β – коэффициент объемного расширения контролируемой жидкости.

В уровнемерах с датчиком уровня второй модификации конструкция поплавка-успокоителя выполнена таким образом, что вносимая погрешность Δh_p во всем температурном интервале не превышает 0,4 мм. При необходимости эта погрешность может быть учтена в измерительном блоке

$$h^{tp}_{ур} = h^t_{ур} + \Delta h_p.$$

Вычисленные в измерительном блоке значения уровня передаются по внутреннему интерфейсу в индикаторный блок, где индицируются на 4-х разрядном индикаторе и поступают в узел цифрового обмена стандарта RS-485. Это же значение уровня преобразуется цифро-аналоговым преобразователем в аналоговый выходной сигнал.

Соотношение между заполненной и свободной частями резервуара (по уровню) отображается посредством “светящегося столба” из 10 светодиодов. Красный цвет соответствует заполненной части ре-

резервуара, зеленый или желтый – свободной. Дополнительная погрешность в определении уровня может возникнуть при отклонении погружного датчика от вертикального положения. При этом истинное значение $h_{\text{ист}}$ уровня будет меньше индицируемого $h_{\text{инд}}$ на величину равную $h_{\text{инд}} \cdot 6 \times 10^{-4}$ при отклонении штанги на 2° от вертикали и на $h_{\text{инд}} \cdot 1,5 \times 10^{-4}$ при отклонении на 1° . Для резервуара глубиной 1600 мм отклонению штанги от вертикали на 2° соответствует смещение нижнего конца датчика от вертикальной проекции верхнего конца датчика на 56 мм, а отклонению на 1° – на 28 мм. Для резервуара глубиной 3000 мм эти величины соответственно равны 100 мм и 50 мм.

Измерение температуры контролируемой жидкости осуществляется полупроводниковыми температурными датчиками, которые генерируют электрический сигнал в виде “меандра”, параметры которого зависят от температуры. Измерения положительного T_1 и отрицательного T_2 периодов “меандра” выполняются в измерительном блоке и через внутренний интерфейс передаются в индикаторный блок, а затем в информационную сеть, где значение температуры вычисляется в РС по формуле

$$t(^{\circ}\text{C}) = A + B(T_1 / T_2) + C(T_1 / T_2)^2.$$

Значения констант А, В и С для каждого установленного датчика температуры индивидуальны. Абсолютная точность измерений температуры и чувствительность не хуже соответственно $0,5^{\circ}\text{C}$ и $0,05^{\circ}\text{C}$ обеспечиваются использованием прецизионных источников питания термометров с температурной погрешностью $U_{\text{пит}} \approx 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$ в нагруженном режиме, дополнительной калибровкой каждого термометра и использованием системно встроенного высокочастотного кварцованного таймера.

При необходимости уровнемеры могут комплектоваться сервисным оборудованием: имитатором измерительного блока, имитатором датчика уровня, преобразователем стандарта RS-485/232, программным обеспечением, программатором измерительного блока.

Имитатор измерительного блока предназначен для проверки работоспособности индикаторного блока, присоединяется к индикаторному блоку и после включения питания уровнемера генерирует электрические сигналы, имитирующие значения уровня и температуры.

Имитатор датчика уровня, представляющий собой две акустические линии задержки, предназначен для проверки работоспособности двухканального приемопередатчика и блока передачи цифровой информации по внутреннему интерфейсу. Имитатор датчика уровня осуществляет преобразование и задержку электрических импульсов от приемопередатчика, имитируя распространение звуковых им-

пульсов в контролируемой среде.

Преобразователь стандарта служит для непосредственного подключения уровнемера к компьютеру типа IBM PC, на мониторе которого индицируется информация, транслируемая индикаторным блоком в информационную сеть, а также вычисленное значение температуры.

Программатор измерительного блока предназначен для настройки измерительного блока под конкретные датчики. В нем хранятся значения всех калибровочных констант всех датчиков данной партии. При смене измерительного блока (например, установке запасного), изменении высоты установки датчика уровня, в измерительный блок через ИК порт вводятся значения калибровочных констант датчика уровня, подключаемого к устанавливаемому блоку.

Диапазон измеряемых уровней прибора: светлых нефтепродуктов 100 – 10000 мм, воды 100 – 20000 мм при абсолютной погрешности измерения не более 2 мм. Уровнемер имеет цифровую индикацию значения уровня 4,5 десятичных разряда и дискретно-аналоговую индикацию типа “светящийся столб” из 10 дискретных элементов; цифровой выход в стандарте RS 485; аналоговый выход в одном из стандартов 4 – 20 мА, 0 – 20 мА, 0 – 5 В. Диапазон измерения температур контролируемой жидкости – $40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$, точность измерения температуры, не хуже $0,5^{\circ}\text{C}$ ($-40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$), $0,2^{\circ}\text{C}$ ($0^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$).

Выводы

Таким образом, разработанный автоматический комплекс позволяет вести измерения с высокой точностью в резервуарах и емкостях, размещаемых под открытым небом, под землей, в производственных помещениях для широкого набора жидкостей, таких как светлые нефтепродукты; химически агрессивные и взрывоопасные жидкости; вода, спирты, пищевые и прочие растворы.

Данный измерительный комплекс может быть использован на АЗС и хранилищах; нефте- и газоперерабатывающих предприятиях; химических производствах; службах водохозяйства; в пищевой и фармацевтической промышленности; спиртовых заводах и т.п. в различных системах: от автономного использования в единичных резервуарах для измерения указанных выше параметров до использования в составе информационных, управляющих и коммерческих систем.

Список литературы

1. Чепрасов А.А. Разноликий контроль АЗС // Современная АЗС. – 2003. – № 4. – С. 17-23.
2. Ультразвуковой уровнемер PROBE [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prosoft.ru/news/2002>.
3. Ультразвуковой уровнемер Prosonic [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilpages.ru/obj.php>.

4. Сухоручко О.Н., Васильченко В.В., Корецький А.П. Автоматический измерительный комплекс основных параметров жидкостей. Часть 1 // Системы обработки информации: Збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2007. Вип.1(59). – С.132-133.

5. Ультразвуковой уровнемер Fisinter [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fisinter.ru/winbase.kms.htm>.

6. Портативный ультразвуковой уровнемер УУП1-М1 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.viatec.com.ua/produkcija/UUP1_M1_M4.html.

Поступила в редколлегию 2.03.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник В.К. Иванов, Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков.