УДК 631.053

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОННО-АКУСТИЧЕСКИХ УРОВНЕМЕРОВ

Синников С.Г.

Существование любого современного производства невозможно без автоматизированных систем управления (АСУ). Основу любой АСУ составляют первичные датчики. Почти во всех производствах используются различные жидкости, либо как основной продукт или сырье (нефть, бензин, стирол и т.д.), либо как вспомогательные технические жидкости, используемые в технологическом процессе (кислоты, щелочи, растворители и т.д.). Поэтому для АСУ, используемых в производстве необходимы измерители уровня жидкостей, работающие в сложных климатических условиях. В настоящее время существует большое количество измерителей уровня, использующих различные принципы действия.

Первыми появились измерители уровня, использующие механический принцип измерения. Обычно это поплавок, механически связанный с преобразователем положения поплавка в электрический сигнал. Несмотря на относительную простоту и дешевизну, они имеют ряд недостатков. Это низкая точность, недостаточная надежность, невозможность измерения вязких жидкостей и необходимость принятия специальных мер защиты при измерении уровня агрессивных жидкостей.

Часто используется принцип, основанный на измерении разности давления столба жидкости и давления в пустой части резервуара. Но он имеет не высокую точность, особенно если давление в резервуаре с жидкостью постоянно изменяется, и требует подбора пары датчиков давления с одинаковыми характеристиками преобразования.

Наиболее распространены микроволновые измерители уровня. В них используется отражение СВЧ излучения от границы раздела сред с различной диэлектрической проницаемостью. Они имеют хорошие технические характеристики, но очень высокую цену. Это обусловлено использованием СВЧ диапазона 6ГГц – 10 ГГц, и как следствие дорогой элементной базы и сложной конструкции. Кроме того, для работы микроволнового уровнемера необходимо чтобы диэлектрическая проницаемость жидкости была не менее 2.

В статье рассматриваются электронно-акустические измерители уровня, в которых используется принцип отражения акустических волн от поверхности жидкости. Расстояние от измерителя уровня до поверхности жидкости определяется по формуле:

$$L = \frac{cT}{2}, \qquad (1)$$

где c – скорость звука, T- время распространения акустической волны от измерителя уровня до поверхности жидкости и обратно.

Так как скорость звука в воздухе составляет около 300 м/с, то измерение времени распространения T не вызывает трудностей. Основная трудность возникает при определении скорости звука c, так как она сильно зависит от параметров среды, в которой распространяется волна. Главные влияющие факторы это: температура, плотность, давление, влажность среды. Кроме того, над поверхностью жидкости всегда имеются пары различной концентрации, и их влияние на скорость звука весьма значительно. Такие факторы как температура, влажность и давление можно измерить и учесть их влияние, например, используя формулы, для температуры /1/:

$$c = 20{,}067\sqrt{\theta}\,, \qquad (2)$$

где θ - абсолютная температура воздуха в градусах Кельвина;
для влажности /2/:

$$c = c_\theta(1 + 0{,}00022e) \qquad (3)$$

где c - скорость звука в сухом воздухе при температуре θ,
e –парциальное давление водяных паров;
для давления /3/:

$$c = \sqrt{\frac{C_p p}{C_v \rho}}\,. \qquad (4)$$

где p, ρ - равновесные значения давления и плотности среды. C_p, C_v - удельные теплоемкости среды в изобарном и изохорном процессах, соответственно.

Но пары жидкости могут иметь различный химический состав и учесть их влияние фактически никакими прямыми измерениями невозможно. Один из способов решить эту проблему состоит в том, чтобы измерить реальную скорость распространения звука. Для этого необходимо измерить время пролета акустической волны до препятствия расположенного на известном расстоянии, и высчитать реальную скорость по формуле:

$$c = \frac{2L_p}{T_p}\,. \qquad (5)$$

где L_p – известное расстояние до препятствия, T_p - время распространения акустической волны от измерителя уровня до препятствия и обратно.

Для получения большей достоверности необходимо измерять скорость перед каждым измерением уровня или во время измерения. Если подставить c из формулы (5) в формулу (1), то получим:

$$L = L_p \frac{T}{T_p}. \qquad (6)$$

где L_p – известное расстояние до препятствия, T_p - время распространения акустической волны от измерителя уровня до препятствия и обратно.

Из формулы видно, что можно вообще исключить скорость звука из процесса измерения.

Одним из способов реализовать это на практике, является установка вспомогательного отражателя 2 (рис.1а) на пути распространения акустической волны, на расстоянии L_p от измерителя уровня 1. В этом случае, волна частично отражается от вспомогательного отражателя 2, а частично от поверхности жидкости 3. Однако отражатель уменьшает полезную мощность акустического сигнала и вносит различные искажения.

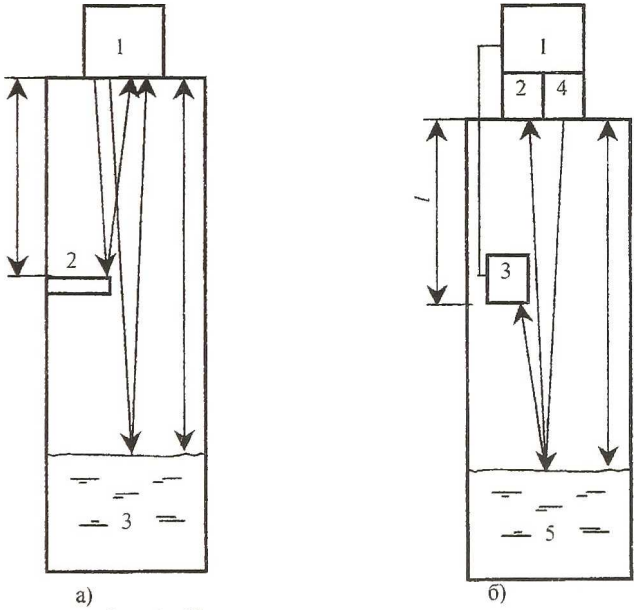

Рис. 1. Измерение уровня жидкости

Еще один из способов уйти от скорости при измерении уровня, установить два приемника акустического сигнала 2, 3 ,один из которых 3 (рис.1б), расположен на некотором известном расстоянии l от излучателя 4, вдоль направления излучения. Тогда расстояние от измерителя уровня 1 до поверхности жидкости 5 составит:

$$L = \frac{l}{2(1 - \frac{t}{T})}, \qquad (7)$$

где l – известное расстояние от измерителя уровня до второго приемника звука, T- время распространения акустической волны от измерителя уровня до поверхности жидкости и обратно, t – время распространения акустической волны от измерителя уровня до поверхности жидкости и обратно до второго приемника звука.

Эксперименты показали, что реальный диапазон измерения уровня составляет от 0,5 до 20 метров.

Метод измерения реальной скорости звука позволяет избавиться от различных вспомогательных датчиков (температура, давление, влажность) и при этом повысить точность измерения уровня. Кроме того, простота конструкции, дешевая элементная база, позволяют создать портативные устройства измерения уровня воды, нефтепродуктов и других агрессивных сред в баках, водоемах и не напорных трубах.

Список использованных источников

1. Горбатов А.А., Рудашевский Г.Е. Акустические методы и средства измерения расстояний в воздушной среде. - М.: Энергия, 1973.
2. Жиганов И.Ю., Скворцов Д.Б. Исследование дополнительных погрешностей электронно-акустических приборов измерения длины труб./Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, выпуск 6, 2001.
3. Кайно Г. Акустические волны. М.: Мир, 1990.

УДК 631.053

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АНАЛИЗАТОРОВ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ОДНОМУ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОМУ ПАРАМЕТРУ

Васильев П.Р.

Анализ качества нефтепродуктов без сжигания актуален и может производиться путем пропускания через них электрических, оптических или акустических сигналов. В работе /1/ показано, что в общем случае какой-либо показатель качества Q нефтепродукта связан с его электрофизическими параметрами обобщенной функциональной зависимостью:

$$Q = F(q_1, q_2, \dots q_n), \qquad (1)$$

где q_k – совокупность электромагнитных, акустических, оптических, спектрометрических параметров нефтепродукта (диэлектрическая проницаемость, проводимость, коэффициенты поглощения и преломления, температура, и другие, которые можно оперативно измерить без сжигания). В общем случае функция F неизвестна. Ее поиск является важнейшей задачей математического описания измерительного процесса. Учитывая, что любой измерительный процесс по определению подразумевает в себе, кроме сбора и обработки информации, также операцию калибровки прибора по известным эталонным параметрам, для решения