

## ОБЗОР ИЗМЕРИТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЖИДКИХ СРЕД

*Панимаскина М.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Под измерением уровня понимается индикация положения раздела двух сред различной плотности относительно какой-либо горизонтальной плоскости, принятой за начало отсчета.

Первичный преобразователь воспринимает измеряемую величину и преобразует ее в выходной сигнал, поступающий на последующие преобразователи, или в показания, отсчитываемые по шкале уровнемера.

В зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, уровнемеры подразделяют на механические, акустические, электрические, оптические и тепловые.

К механическим уровнемерам относятся поплавковые, буйковые и гидростатические уровнемеры. Все они реализуют абсолютный метод измерения уровня, основанный на использовании различия плотностей веществ, образующих границу раздела.

Поплавковый уровнемер - уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения поплавка, плавающего на поверхности жидкости.

При измерении уровня криогенных жидкостей из-за кипения верхнего слоя возникает вибрация поплавка, что приводит к искажениям результатов измерения. Наиболее часто поплавковые уровнемеры используют для измерения уровней в больших открытых резервуарах, а также в закрытых резервуарах с низким давлением.

Буйковый уровнемер - уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения буйка или силы гидростатического давления, действующей на боек.

Главной особенностью буйковых уровнемеров является возможность измерения уровня границы раздела двух жидкостей.

Недостатком буйковых уровнемеров являются зависимость их точности от плотности и температуры измеряемой среды, ограниченность использования для больших (свыше 16 м) диапазонов измерения уровней жидкостей и жидкостей, обладающих адгезией к буйку.

Принцип действия гидростатических уровнемеров основан на измерении давления столба жидкости, высота которого равна высоте уровня жидкости в сосуде. Гидростатическое давление при этом измеряется либо с помощью двух манометров, либо одним дифференциальным манометром.

Уровнемеры этого вида обычно используют для измерения неагрессивных, незагрязненных жидкостей, находящихся под атмосферным давлением. Недостатком гидростатических уровнемеров является погрешность измерения при изменении плотности жидкости.

Существуют и находят применение акустические уровнемеры трех основных типов — локационные уровнемеры, уровнемеры поглощения и резонансные. Все они реализуют различные физические явления, связанные с распространением звука в жидкостной среде.

Локационные уровнемеры реализуют эффект отражения звуковой волны от поверхности раздела сред.

Одно из основных условий нормального функционирования локационных уровнемеров — определенное взаимное положение источника — приемника ультразвуковых колебаний и отражающей поверхности -уровня. Недостаток локационных уровнемеров — их повышенная чувствительность к включениям в жидкости.

Принцип действия диссипативных ультразвуковых уровнемеров основана на явлении рассеивания (поглощения) звуковой энергии в веществе. В простейшем случае диссипативный уровнемер состоит из излучателя и приемника, установленных на дне к крышке сосуда. Выходной сигнал уровнемера, пропорциональный отношению интенсивностей излучаемой и регистрируемой звуковых волн, связан с текущим значением уровня зависимостью.

Принцип действия резонансных уровнемеров заключается в возбуждении колебаний столба газа над уровнем жидкости и в фиксации резонансной частоты, при которой наблюдается возникновение стоячей волны.

Основные недостатки резонансных уровнемеров — сложность и громоздкость конструкции, также существенное влияние на их показания изменений скорости с распространения звука в газовой среде.

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей. При этом жидкости, уровень которых измеряется, могут быть как проводниками, так и диэлектриками. Основным параметром, определяющим электрические свойства проводников, является их электропроводность, а диэлектриков — относительная диэлектрическая проницаемость, показывающая, во

сколько раз по сравнению с вакуумом уменьшается в данном веществе сила взаимодействия между электрическими зарядами.

В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкость или индуктивность) первичного преобразователя „реагирует“ на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяются на кондуктометрические, емкостные и индуктивные.

Кондуктометрические уровнемеры (уровнемеры сопротивления) применяются для измерения уровня проводящих жидкостей.

Основные факторы, ограничивающие точность кондуктометрических уровнемеров — непостоянство площадей поперечных сечений электродов, а также образование на электродах пленки (окисла, соли) с высоким удельным сопротивлением, что приводит к резкому неконтролируемому снижению чувствительности датчика. Кроме того, на точность кондуктометрических уровнемеров существенное влияние оказывает изменение электропроводности рабочей жидкости, поляризация среды вблизи электродов.

К недостаткам емкостных уровнемеров относятся: высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т. П., образование на элементах датчика электропроводящей или непроводящей пленки вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующие в ней элементы и т. П.

Первичный преобразователь индуктивных уровнемеров представляет собой катушку индуктивности. Проводящая жидкость при этом играет либо роль шунта, изменяющего число витков катушки, либо роль экрана, влияющего на коэффициент самоиндукции катушки. В первом случае используются катушки с обнаженными витками.

При перемещении уровня жидкости, обладающей высокой электропроводностью, часть витков шунтируется и соответствующим образом меняет индуктивность катушки первичного преобразователя — датчика.

При измерении уровня жидкостей оптическими методами могут быть использованы различные явления, связанные с прохождением света через среды, образующие поверхность раздела, — отражение или преломление света на поверхности раздела, ослабление его интенсивности в поглощающей среде и др. Однако на практике наибольшее распространение получили оптические уровнемеры с визуальной фиксацией границы раздела жидкость-газ и фотоэлектрические уровнемеры, использующие эффект отражения света от поверхности жидкости.

Визуальные уровнемеры представляют собой прозрачные вставки в стенках сосуда или в сообщающихся с сосудом мерных трубках с нанесенной на них шкалой.

Наиболее существенное влияние на погрешность оптических уровнемеров оказывает состояние поверхности жидкости. Возмущения поверхности, появление на ней пены, крен сосуда искажают результаты измерения уровня.

Для устранения (уменьшения) этих влияний используют лазерные источники света, волоконные световоды и различные компенсационные схемы.

Тепловые уровнемеры основаны либо на использовании различия температур жидкости и парогазовой смеси над ней (дилатометрические уровнемеры), либо различия их теплопроводностей (терморезисторные уровнемеры).

Дилатометрические уровнемеры применяют при измерении уровня конденсированных жидкостей, т. е. когда температуры жидкости и парогазовой смеси над ней относительно стабильны и при этом значительно разнятся между собой.

Несмотря на простоту и надежность дилатометрические уровнемеры вследствие малых диапазонов измерений (не более 0,75 м) и невысокой точности не получили широкого промышленного применения.

Обычно чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров представляет собой вертикально натянутую тонкую проволоку с большим погонным электрическим сопротивлением, что обеспечивает его высокую чувствительность.

Специфической областью применения терморезисторных уровнемеров является криогеника (измерение уровня жидких газов). При этом все большее распространение получают резисторы, изготовленные из сверхпроводящих материалов. Вследствие эффекта сверхпроводимости погруженная часть резистора имеет нулевое сопротивление и выходной сигнал зависит лишь от уровня сжиженного (при температуре меньшей 20 К) газа и температуры непогруженной части резистора.

### **Список информационных источников**

1.Измерение уровня жидких продуктов: теория и практика: [Электронный ресурс] - режим доступа. <http://www.3v-engineering.ru>.

2. Хансуваров К. И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие для техникумов. — М.: Издательство стандартов, 1990. 287 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОГО УЗЛА УСТРОЙСТВА ВХОДНОГО**

*Довыденко Е.А., Почухнева Е.Л.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., доцент кафедры точного приборостроения*

Основные принципы изготовления и применения печатных схем стали известны в начале XX века, однако промышленный выпуск печатных схем и плат был организован лишь в начале 40-х годов [1].

С переходом на микроэлектронные элементы, резким уменьшением размеров и возрастанием быстродействия схем первое место занимают вопросы обеспечения постоянства характеристик печатных проводников и взаимного их расположения. Значительно усложнились задачи проектирования и оптимального конструирования печатных плат и элементов.

В настоящее время печатная плата является основой любого современного электронного устройства.

Печатная плата (ПП) – это пластина из диэлектрика (например, стеклотекстолит, гетинакс), на поверхности и/или в объёме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы. Печатная плата предназначена для электрического и механического соединения различных электронных компонентов [2].

Выбор материала печатной платы (ПП) определяется электроизоляционными свойствами, механической прочностью, обрабатываемостью, стабильностью параметров при воздействии агрессивных сред и изменяющихся климатических условий, себестоимостью. Большинство диэлектриков выпускается промышленностью с проводящим покрытием из тонкой медной электролитической фольги. Наиболее широкое распространение при производстве печатных плат 1 и 2 классов точности получили стеклотекстолит и гетинакс. Сравнительные характеристики этих материалов приведены в таблице 1 [3].