



С уровнемером Pulsar точно измерить уровень просто!

- ▲ измерение различных сред
- ▲ бесконтактное измерение уровня
- ▲ узконаправленный луч
- ▲ испарение, пыль и температура не влияют на измерение
- ▲ запатентованный алгоритм обработки эхосигналов
- ▲ интеллектуальная фокусировка на нужный объект
- ▲ водонепроницаемый

Ультразвуковой уровнемер



Ультразвуковые уровнемеры dV от компании Pulsar обладают высокой точностью измерения и другими уникальными возможностями, выгодно отличающими их от ультразвуковых уровнемеров многих производителей. В статье рассмотрены технологии, позволившие добиться столь высоких характеристик. В особенностях решения помогает разобраться технический директор Группы компаний «Аква-тэк СП» П. Н. Федотовских.

000 «Аква-тэк СП», г. Екатеринбург Свердловской области

Производитель ультразвуковых датчиков Pulsar

Компания Pulsar Process Measurement Ltd., или просто Pulsar («Пульсар»), которая была основана в 1997 году в г. Малверн (Великобритания), не зря всего за 20 лет успела заслужить репутацию одного из мировых лидеров в производстве бесконтактных измерительных приборов — ультразвуковых датчиков расхода, уровня и объема жидкостей. Этот производитель выпускает оборудование с характеристиками, которых больше не может добиться ни один разработчик. Погрешность измерения ультразвуковых приборов Pulsar достигает 0,01%. На них получен сертификат MCERTS, который свидетельствует, что Агентство по охране окружающей среды Британии и Уэльса выражает уверенность в результатах мониторинга, осуществленного с помощью этого оборудования.

Столь высокой точности разработчикам удалось достичь в результате кропотливой работы как над конструкцией приборов, так и над их программным обеспечением. В датчики Pulsar заложен целый ряд интересных инновационных технологий, благодаря которым разработчикам удалось расширить возможности самого метода ультразвукового контроля. Рассмотрим эти новые возможности на примере ультразвуковых датчиков уровня, входящих в серию dV (рис. 1).

Проблемы ультразвукового метода измерения

Чтобы понять достоинства ультразвуковых датчиков уровня от Pulsar, сперва остановимся на проблемах, обусловленных самим методом измерения.

Ультразвук применяется для определения уровня много десятиле-

тий. Зная скорость распространения звука в воздухе (344,1 м/с при 20 °С) и измерив время, за которое звуковая волна прошла до поверхности измеряемой среды и, отразившись, вернулась обратно, можно определить, на каком расстоянии от сенсора находится измеряемая среда. Именно так работают все ультразвуковые датчики уровня в лабораторных, то есть «тепличных» для них, условиях. Полевые же условия намного жестче. Например, в замусоренном колодце с большим количеством посторонних предметов корректно работают единицы уровнемеров. Это происходит по нескольким причинам.

Во-первых, температура не является постоянной величиной в 20 °С. Если она поднимается до 25 °С, измеренное расстояние уменьшается на 0,17% с каждым градусом, то есть при измерении расстояния в 10 м погрешность составит 85 мм. Поэтому, чтобы уменьшить ошибки, современные преобразователи оборудуют встроенными датчиками температуры, которые корректируют расстояние в зависимости от температуры, то есть имеют температурную компенсацию.

Во-вторых, сигнал отражается от многих поверхностей, что приводит к появлению множества побочных отраженных сигналов и, естественно, сказывается на точности измерений.

В-третьих, кроме побочных эхосигналов работе датчика мешают помехи электрической сети, источником которых является он сам, вернее, его источник питания. Наводки же от такого оборудования могут быть весьма сильными, поскольку точность измерения будет выше при мощном исходящем звуковом сигнале, а этого обычно добиваются с помощью достаточно мощного источника питания, резистивного или емкостного. В конечном счете пользователю приходится ломать голову над задачей, что предпочесть: высоковольтные датчики, требующие использования специализированных экранированных соединительных кабелей, или датчики с малой потребляемой мощностью, которые будут выдавать удовлетворительные результаты лишь в самых простых условиях.

Еще один важный фактор, обусловленный методом эхолокации, — ограниченная рабочая область ультразвукового датчика. Волна с низкой



Рис. 1. Ультразвуковые датчики уровня серии dV

частотой распространяется на большее расстояние. Так, акустический сигнал частотой 20 кГц идет в 4 раза дальше, чем сигнал в 40 кГц. При этом использовать низкочастотные датчики не всегда оправданно, поскольку чем выше частота, тем выше точность измерений. Поэтому разработчикам ультразвуковых приборов необходимо искать баланс, чтобы добиться оптимального сочетания дальности действия и точности, и далеко не у всех получается удачно разрешить эту проблему.

Но при всех этих сложностях ультразвуковые датчики весьма широко востребованы, потому что у них есть неоспоримые преимущества: бесконтактное измерение и при этом безопасность исходящего сигнала. Такие приборы незаменимы в нефтяной и атомной промышленности, газовой индустрии и энергетике, пищевой индустрии и медицине, на гидротехнических сооружениях и объектах водно-хозяйственного комплекса.

А теперь представьте себе ультразвуковые датчики уровня, в которых все перечисленные выше проблемы успешно разрешены. Они имеют низкое потребление и мощный сигнал, фиксируют только основной эхосигнал, а побочные отсекают, просты в установке и эксплуатации. Именно такое решение разработала компания Pulsar.

Решения, примененные в датчиках уровня dB

Проблему баланса между частотой и дальностью действия компания Pulsar решает с помощью большой линейки, включающей модели с разной частотой и разной рабочей областью. Например, датчики с самой высокой частотой, 125 кГц, обеспечивают измерения в диапазоне от 0,3 до 3,6 м. Их погрешность составляет всего 1 мм. Для проектов, где должны проводиться измерения на дальних расстояниях (до 50 м) выпускаются модели с частотой сигнала 20 кГц. У них больше так называемая «мертвая» зона – 2 м, а погрешность составляет 10 мм. Хотя можно предположить, что на расстоянии в несколько десятков метров лишней сантиметр не будет играть решающей роли. Список ряда моделей серии dB приведен в табл. 1.

Физический угол луча преобразователя зависит от частоты и диа-

метра поверхности преобразователя. Однако, используя разные методы обработки сигнала, компания Pulsar эффективно уменьшает угол луча.

Датчик обладает экранированным кабелем, защищающим от помех, по которому осуществляется цифровая передача данных. Пьезоэлемент, преобразователь сигналов и печатная плата заключены в гидроизолирующий компаунд и корпус из полибутилентерефталата Valox 357. По заказу выпускаются датчики со специальными компонентами: с козырьками для защиты от затопления, с корпусом и уплотненной рабочей поверхностью из ПВДФ для применения в агрессивных средах, с накладкой излучателя из пеноматериала, с фланцами для санитарно-технических систем, с глухими фланцами, а также с широким выбором крепежных кронштейнов.

Датчики dB можно отнести к устройствам малой мощности. Однако при этом специалисты компании Pulsar разработали специальный набор для наведения эхосигнала. Он позволяет направлять датчик на выпускное отверстие, обеспечивая максимально возможную мощность эхосигнала. С помощью этого набора датчик легко поворачивается и фиксируется. Его можно поворачивать, подстраивая к положению емкости и углу естественного откоса измеряемого материала.

Поскольку погрешность измерения повышается с ростом температуры, все преобразователи снабжены датчиком температуры, показания которого использует микропрограмма, корректирующая результаты измерений. Об этой программе следует сказать особо.

Задача микропрограммы ультразвукового датчика – различать сопутствующие эхосигналы и отслеживать только истинный эхосигнал. Новей-

шая микропрограмма DАTEM (или «Цифровое адаптивное отслеживание движения эхосигналов») компании Pulsar справляется с этим в самых сложных условиях. Микропрограмма DАTEM используется как на ультразвуковых датчиках, так и на радиолокационных датчиках непрерывного излучения с частотной модуляцией, предназначенных для измерения уровня.

На рис. 2 изображено, как отслеживается эхосигнал.

«Выбранное эхо» – это сигнал, отразившийся от исследуемого объекта и поступивший на датчик-преобразователь.

«Эхомаркер» – эхосигнал, который программа определяет как измеряемый уровень.

«Створ» – заданное расстояние по обе стороны от эхомаркера, определяющее «нормальную» область, в пределах которой изменяется эхосигнал.

«Ближняя мертвая зона» – расстояние от поверхности излучателя датчика, в пределах которого невозможна регистрация эхосигналов.

«Дальняя мертвая зона» – расстояние за пределами диапазона датчика-преобразователя.

«Запретная зона» – пороговое значение, ниже которого сигналы должны игнорироваться.

«Базовая линия» обозначает рассчитанный шумовой порог, например, линию донного сигнала.

«Нижний уровень» – максимальное расстояние, которое может быть измерено, когда исследуемый объект (например, резервуар или колодец) пуст.

Как показано на изображении, анализируются эхосигналы, которые находятся выше границы потери сигнала, при этом отбирается сигнал, отражающийся от трубопровода, по-

Таблица 1. Датчики уровня серии dB: сочетание частоты и диапазона измерений

Модель	Частота	Угол раскрытия, град.	Диапазон измерения, м	Точность, мм
dB3	125	10	0,3...3,6	1
dB6	75	10	0,3...7,2	2
dB10	50	10	0,3...12	3
dB15	41	8	0,3...18	5
dB25	30	6	0,6...25	5
dB40	20	5	1,2...40	10
dB50	20	5	2,0...50	10

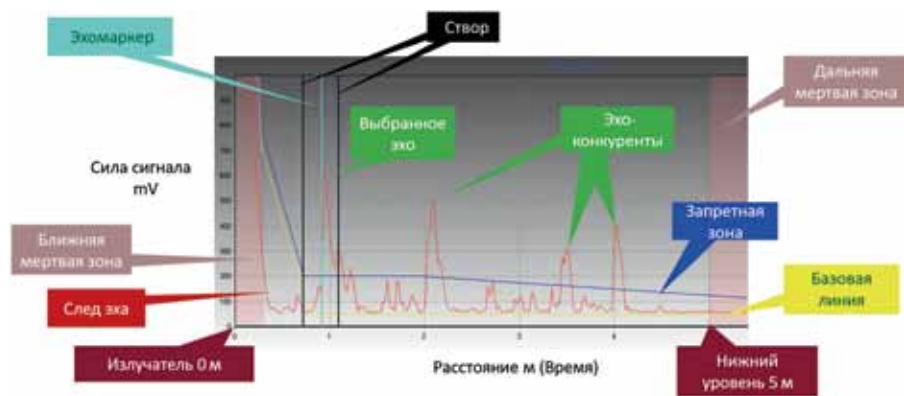


Рис. 2. Визуальное представление отслеживания эхосигнала

сколько последний имеет достаточно большой размер и расположен ближе всего к поверхности излучателя. Но нам необходимо измерить уровень сточных вод.

С помощью ПО DАTEM можно задать приблизительное расстояние до уровня сточных вод (например, 4 м). После этого контроллер скоррек-

тирует границу потери сигнала (синяя линия) для нежелательных сигналов, чтобы скрыть их. Далее выбирается нужный эхосигнал, который и отслеживается по мере повышения/понижения уровня. Программное обеспечение DАTEM также может подстраиваться под изменяющиеся условия, такие как скопление осадка и жира.

ПО DАTEM назначает максимальные значения для эхосигналов согласно параметру «Створ», что позволяет параметру «Эхомаркер» отслеживать выбранный эхосигнал по мере изменения уровня. Для выхода эхомаркера за пределы створа новый эхосигнал:

- ▶ должен быть выше предела потери сигнала;
- ▶ должен быть устойчивым (благодаря этому эффективно отбрасываются шумовые выбросы и эхосигналы от соседних датчиков-преобразователей).

Несмотря на столь сложное устройство, контроллеры и датчики Pulsar просты в применении, имеют удобный интерфейс и меню с пошаговой настройкой параметров.

Чтобы узнать подробнее, как работают ультразвуковые датчики уровня dB, мы обратились к руководителю Группы компаний «Аква-тэк» П. Н. Федотовских.

Интервью с техническим директором Группы компаний «Аква-тэк» Павлом Николаевичем Федотовских

ИСУП: Какими методами удается уменьшить угол раскрытия и почему это важно для измерения уровня? Насколько сильно корректировка угла раскрытия влияет на цену прибора?

П. Н. Федотовских: Угол раскрытия определяет направление излучения ультразвукового датчика (рис. 3). За пределами угла раскрытия излучение почти не чувствуется.

Физический угол луча ультразвукового преобразователя зависит от частоты излучаемых ультразвуковых колебаний и площади излучающей поверхности пьезоэлемента преобразователя:

- ▶ dB3: 125 кГц, 10 градусов;
- ▶ dB6: 75 кГц, 10 градусов;
- ▶ dB10: 50 кГц, 10 градусов;
- ▶ dB15: 41 кГц, 8 градусов;
- ▶ dB25: 30 кГц, 6 градусов;
- ▶ dB40: 20 кГц, 5 градусов;
- ▶ dB50: 20 кГц, 5 градусов.

Для точного расчета расстояния до измеряемой поверхности датчик уров-

ня должен испустить ультразвуковой сигнал, а затем принять и распознать, какой из отраженных эхосигналов соответствует измеряемому уровню. В реальных условиях эксплуатации звук отражается от множества объектов. Чем больше угол раскрытия луча, тем больше посторонних объектов попадет в зону распространения луча и больше отраженных эхосигналов вернется к преобразователю, и наоборот. Датчик выберет тот эхосигнал, который сильнее остальных, вызывая ложные измерения.

По этой причине производители стремятся уменьшить угол раскрытия как на аппаратном, так и на программном уровне. Уменьшение угла раскрытия аппаратными методами ведет к резкому увеличению стоимости оборудования и снижению конкурентной способности приборов. Компания Pulsar смогла эффективно уменьшить угол раскрытия луча, используя методы цифровой обработки эхосигнала. Она разработала и запатентовала уникальное программное обеспечение DАTEM для удаления

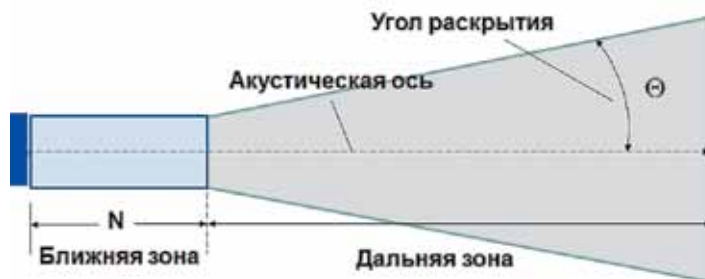


Рис. 3. Схематическое отображение угла раскрытия

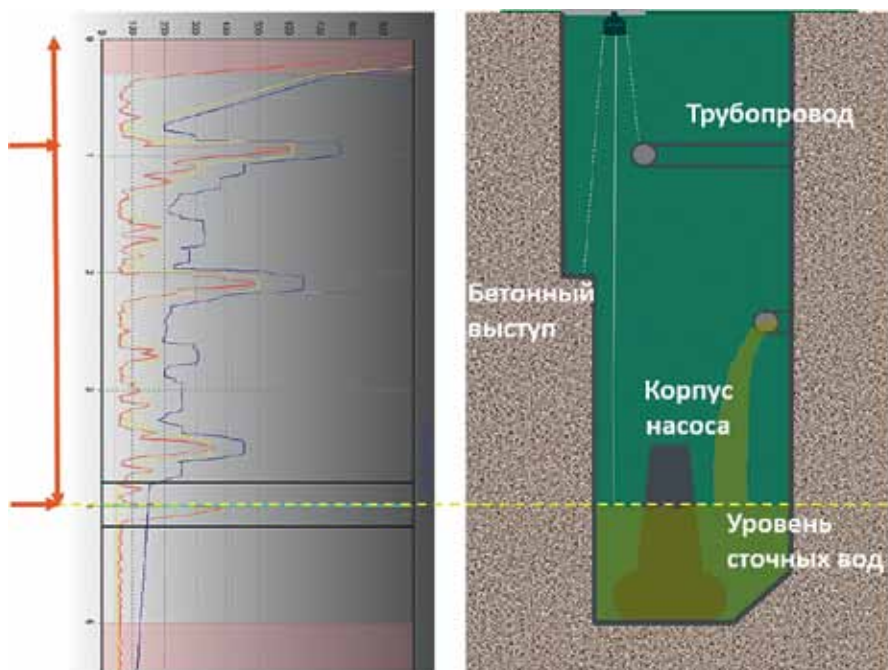


Рис. 4. Работа программного обеспечения DATEM для удаления ложных эхосигналов и точного измерения уровня

ложных эхосигналов и точного измерения уровня жидких и сыпучих материалов (рис. 4).

Созданная цифровая система приспособляется к существующим условиям эксплуатации и с высокой точностью отслеживает динамику изменения отраженного сигнала эхо. Она способна запоминать все отраженные от ложных объектов эхосигналы и сравнивать их с вновь поступающими. Датчик реагирует только на те эхосигналы, которые отразились от контролируемой поверхности, исключая влияние посторонних объектов.

ИСУП: Расскажите, пожалуйста, точнее о решении, с помощью которого

достигается мощный сигнал при невысокой потребляемой мощности?

П. Н. Федотовских: **Узкий угол раскрытия.** В процессе распространения ультразвуковой волны лучи расходятся, площадь фронта волны увеличивается. Поскольку количество энергии ультразвукового луча остается величиной постоянной, то, чем больше угол раскрытия, тем меньше энергии доходит до измеряемой поверхности. Узкий луч (угол раскрытия) датчиков уровня Pulsar позволяет сохранить и эффективно использовать максимум излучаемой энергии луча.

Резонанс. С помощью резонанса можно выделить и (или) усилить даже весьма слабые периодические колебания. При воздействии на пьезопла-

стину переменным напряжением или ультразвуковой волной (обратный или прямой пьезоэффект) амплитуда колебания ее будет тем выше, чем ближе частота переменного напряжения или УЗ-волны к собственной частоте пьезопластины. При совпадении этих частот возникает резонанс.

Собственная частота пьезопластин зависит от материала, из которого она изготовлена, и от ее толщины. Тонко подобранные характеристики пьезопластин для датчиков с различными частотами излучения позволили максимально использовать явление резонанса для получения высокой мощности излучения.

Короткий зондирующий импульс. Как известно, чем короче зондирующий сигнал, тем точнее измерение. Встроенный преобразователь позволяет создать пиковое напряжение 3000 В и короткий, мощный зондирующий сигнал (рис. 5).

ИСУП: Установка датчика – отдельная задача для эксплуатантов. Большинство пытается сэкономить, установив датчики собственными силами. Насколько сложна установка вашего устройства?

П. Н. Федотовских: Как правило, процесс монтажа занимает около полчасика. Точно и правильно смонтировать датчик может любой аккуратный и ответственный слесарь, обладающий определенным опытом работы со слесарно-монтажным инструментом. Работа осложняется только тем, что в большинстве случаев работать приходится в нестандартных условиях (на высоте).

После окончания монтажа требуется калибровка прибора. С помощью программного обеспечения DATEM, установленного на ПК, нужно выбрать необходимый для измерения эхосигнал.

Беседовал С. В. Бодрышев, главный редактор журнала «ИСУП».

ООО «Аква-тэк СП», г. Екатеринбург Свердловской области, тел.: +7 (343) 373-74-14, e-mail: info@akvatek.ru, сайт: pulsar-pm.ru

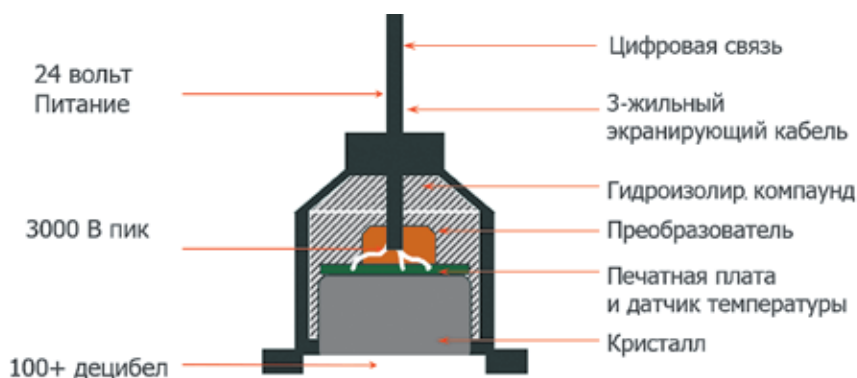


Рис. 5. Принцип работы уровнемера серии dB