

Волноводный радар

НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ



На передовых рубежах технологий измерения уровня

Завоевывающий все большую популярность промышленный волноводный радарный уровнемер (GWR) с питанием от токовой петли, которым мы пользуемся в настоящее время, появился на свет в конце 90-х годов прошлого века. Как и большинство устройств подобного типа, уровнемер Magnetrol® Eclipse® модели 706 базируется на революционной технологии, патент на которую получила Национальная лаборатория Лоуренса в Ливерморе (США), о чем в 1995 году сообщал журнал Popular Science в статье "Радар в микросхеме за 10 долларов".

Ожесточенные бои на ранних этапах развития технологий

Вначале существовала определенная настороженность в использовании радарных уровнемеров Eclipse. С какой стати потребитель станет применять прибор, работающий на высокой частоте и при этом оснащенный зондом? Бесконтактные приборы имели явные преимущества над контактными устройствами, а ультразвуковые и радарные датчики уже прочно заняли свою нишу на рынке. Установка зонда выглядела просто архаично. Но именно в зонде таился ГЛАВНЫЙ секрет.

За два десятилетия нашего опыта мы пришли к выводу, что контактный зонд, который ранее воспринимался как слабое звено, на самом деле является сильной стороной системы. Во-первых, зонд предлагает проводящий канал для уменьшения мощности затрачиваемой на сигнал. Это обеспечивает подведение максимального количества энергии к поверхности среды, где происходит ее отражение и передача в обратном направлении к датчику для последующей обработки. Таким образом появляется возможность измерения уровня жидких фракций таких газов, как пропан и бутан, обладающих низкой диэлектрической проницаемостью и малой удельной плотностью. Бесконтактные радары тоже могут измерять уровень этих фракций при использовании стоячков/измерительных колодцев, которые, в сущности, также являются волноводными устройствами, но гораздо более дорогими. Измерение уровня этих материалов можно производить с помощью уровнемеров дифференциального давления, но их точность сильно зависит от удельной плотности измеряемой среды. Во-вторых, так как зонд является проводником, который управляет распространением сигнала, энергия не рассеивается по всему объему резервуара (что характерно для бесконтактных радаров) и не наталкивается на различные препятствия, создающие ложные измерительные сигналы.

Со временем стали очевидны особые качества волноводного радарного уровнемера Eclipse 706, сделавшие его универсальным для применения в различных целях, и на которые мы ежедневно можем полностью рассчитывать. Волноводный радар, как технология, постепенно стала стандартом рабочего процесса и применения в нестандартных резервуарах по всему миру. Сначала она использовалась для решения ограниченного круга задач. Впоследствии, когда пользователи обрели достаточную уверенность, эта технология стала основным элементом парка приборов для измерения уровня.

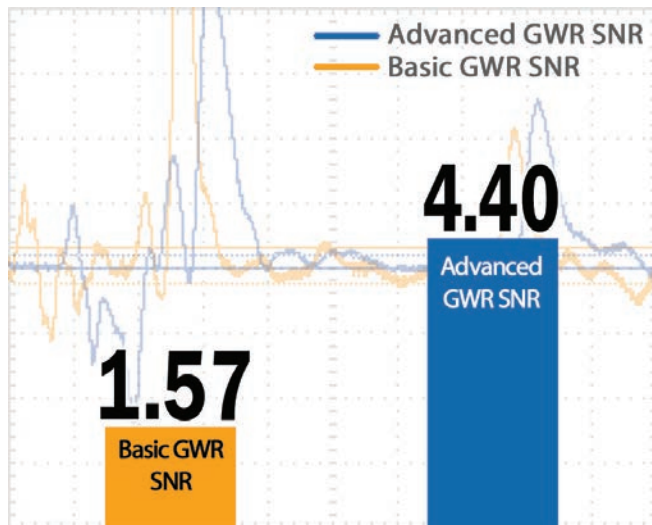
В этой статье не рассматриваются простые и типовые задачи, которые, как мы считаем, могут быть решены с использованием почти любой технологии измерения уровня, включая и волноводные радары. Скорее мы намереваемся обратить внимание читателя на специализированные области применения, где пользователи достигли особенно значительных успехов в решении довольно трудных задач в области измерения уровня и где радарные волноводные уровнемеры Eclipse стали основной технологией по мере накопления ими новых знаний и в ходе совершенствования эксплуатационных характеристик оборудования.

Отражение радарных сигналов: всегда ли "больше" значит "лучше"?

В международном сообществе специалистов по радарным технологиям очень часто говорили о необходимости формирования мощных сигналов (т. е. сигналов большой амплитуды, посылаемых в направлении поверхности измеряемой технологической среды).

На первый взгляд кажется, что отрицать данное утверждение совершенно бессмысленно, но так ли это? В некотором роде радарный сигнал очень похож на звук, исходящий из радиоприемника, который вы слушаете. Если нужно сделать его погромче, то вы увеличиваете амплитуду сигнала, что сделать довольно просто. Однако, если на полезный сигнал наложены значительные помехи, то в результате вы получите значительные искажения. То же самое происходит в мире радаров. Зависимость между желаемым и нежелательным сигналами называется отношением "сигнал – шум", или сокращенно ОСШ. Большая амплитуда это "грубая сила", и ее значительно легче получить, чем реализовать необходимое отношение "сигнал – шум". На практике конструкции с большими значениями ОСШ являются более надежными, и менее вероятно, что возникнут проблемы с нежелательными отражениями, чем у конструкций с меньшими ОСШ.

В современных конструкциях радаров стремятся увеличивать значение ОСШ, и пользователи должны иметь эту малоизвестную особенность в виду при выборе разных конструкций уровнемеров, предлагаемых на рынке. Низкая диэлектрическая проницаемость, турбулентность и другие неблагоприятные условия легче преодолеть при очень высоких значениях ОСШ, и с этой точки зрения новый уровнемер ECLIPSE модели 706 занимает лидирующее положение в промышленности.



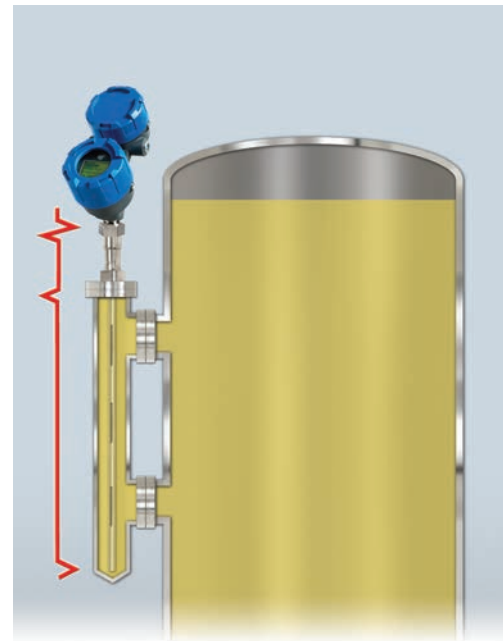
Работа в условиях переполнения

Общеизвестно, что ни одна из технологий измерения уровня не является совершенной сразу для всех областей применения. Очень часто возникают проблемы с точностью измерения уровня в верхней части резервуара. В наиболее совершенных конструкциях GWR эта проблема, характерная для радаров данной категории, уже решена. Такая неточность может стать критически важным фактором, когда речь идет о возможности разлива агрессивных, высокотоксичных и других опасных технологических сред. Способность выполнять измерения в самой верхней части резервуара часто называют работой в условиях переполнения.

Такие европейские контрольные органы, как WHG или VLAREM, проводят аттестацию систем защиты от переполнения, определяемую на базе проведения испытаний и подтверждения надежности уровнемера, работающего в качестве устройства контроля переполнения. Кроме того, по результатам их анализа предполагается, что установка спроектирована таким образом, при котором в резервуаре или монтируемой сбоку измерительной камере физически не может возникнуть переполнение. Однако существуют такие области применения, в которых зонд может быть залит полностью и уровень среды доходит до самого верха, т. е. до монтажного соединения с резервуаром (опорная поверхность фланца). Несмотря на то, что подверженные влиянию зоны зависят от области применения, в верхней части типовых зондов имеется переходная зона (или, возможно, "мертвая зона"), в которой взаимодействие сигналов может либо влиять на линейность измерений, либо, что более существенно, приводить к полной потере сигнала.

В то время как некоторые производители волноводных уровнемеров могут использовать специальные

алгоритмы, чтобы сделать заключение об измеряемом уровне при возникновении нежелательного взаимного влияния сигналов и потере сигнала от фактического уровня, в усовершенствованных уровнемерах ECLIPSE моделей 705 и 706 предложены уникальные решения, использующие концепцию безопасной эксплуатации при переполнении. Важным отличием зонда с защитой от переполнения является то, что его характеристическое сопротивление равномерно распределено по всей длине волновода (зонда) сверху донизу и может быть рассчитано. Это дает возможность зонду всегда выполнять измерение действительного значения уровня.



Такая конструкция зонда обладает способностью точно измерять уровни вплоть до фланцевого соединения с резервуаром, полностью исключая участки, где измерение невозможно. Волноводные зонды с защитой от переполнения имеют уникальную конструкцию, позволяющую устанавливать коаксиальные зонды в любом месте резервуара. Зонды с защитой от переполнения поставляются в различных модификациях коаксиального и камерного исполнения.

Волноводные радарные уровнемеры, устанавливаемые в выносных камерах, и магнитные индикаторы уровня

Выносные камеры стали распространенным средством для измерения уровня в первую очередь благодаря совместному использованию с поплавковыми уровнемерами, а также наружному монтажу, который позволяет обеспечить изоляцию с помощью запорных клапанов. В таких системах волноводные уровнемеры часто использовались в комплекте с коаксиальными зондами. Однако в последнее время широкую популярность приобрели одностержневые зонды (в основном благодаря низкой стоимости и устойчивости к налипаниям), что высветило ряд проблем, касающихся их эксплуатационных характеристик.

Коаксиальные зонды являются наиболее эффективными проводниками энергии микроволнового диапазона, и именно поэтому телевизионный сигнал передается по коаксиальному кабелю. Эффективность одностержневых зондов определяется двумя ключевыми аспектами:

- При возбуждении сигнала происходит значительное рассогласование комплексного сопротивления в верхней части зонда, что приводит к созданию помех, оказывающих влияние на правильность обнаружения уровня поверхности среды.
- Распространение энергии по одностержневному зонду является наименее эффективным по сравнению с другими видами волноводов, что не очень хорошо сказывается на оптимальности эксплуатационных характеристик.

Обе эти проблемы были решены в уровнемере ECLIPSE модели 706, где одностержневой зонд очень хорошо согласован по комплексному сопротивлению с типовыми измерительными камерами, широко применяемыми в различных технологических установках. При этом отсутствует рассогласование сопротивления в верхней части зонда, и при правильном монтаже комбинация одностержневого зонда и измерительной камеры становится коаксиальной системой, обеспечивающей превосходное распространение сигнала.

В самых последних модификациях уровнемеров ECLIPSE модели 706 уже предусмотрено такое согласование зонда и измерительной камеры, что позволило получить замечательные характеристики при низкой стоимости одностержневого зонда.

Эксплуатация в системах с насыщенным паром

Системы с насыщенным паром (например, вода при высоких давлениях и температурах, используемая в энергетических установках) высвечивают еще один теоретический недостаток радаров. Радарная технология доказала свое бесспорное преимущество в области измерения уровня, так как она может использоваться с жидкостями, имеющими сильно меняющиеся характеристики, такие как диэлектрическая проницаемость, удельная плотность, т. е. условия, которые влияют на точность традиционных измерительных приборов, например, преобразователей давления и датчиков, основанных на измерении крутящего момента. Это справедливо, потому что скорость распространения микроволн определяется уравнением: $скорость = \frac{скорость\ света}{\sqrt{диэлектрической\ проницаемости}}$ (пространства пара). Типовые условия технологического процесса мало влияют на это уравнение до тех пор, пока дело не касается высоких температур и давлений воды (пара) в установке, которые характерны для систем производства энергии.

По мере роста температуры насыщенного пара в котлах и нагревателях питательной воды диэлектрическая проницаемость водяного пара в объеме пара также возрастает. Это повышение диэлектрической проницаемости является причиной задержек распространения сигнала в волноводе при его прохождении вдоль зонда, что приводит к тому, что измеренное значение уровня жидкости меньше, чем действительное.

ПРИМЕЧАНИЕ: ошибка измерения, связанная с задержкой распространения, сильно зависит от температуры и является функцией квадратного корня из диэлектрической проницаемости пространства, где находится пар. Например, при отсутствии компенсации в системе с рабочей температурой 450 °F (230 °C) погрешность измерения уровня составит около 5,5 %, а при температуре 600 °F (315 °C) погрешность возрастает до 20 %!

В уровнемере ECLIPSE модели 706 используется передовая технология измерений, которая предлагает уникальное решение для работы в подобных системах. Установка механического контрольного объекта, помещаемого на расстоянии 10–20 дюймов (250–500 мм) ниже одностержневого зонда, позволяет скомпенсировать влияние, вызываемое изменениями в состоянии пара. (В некоторых усовершенствованных конструкциях это расстояние сокращено до 5 дюймов (125 мм) за счет использования коаксиального зонда, который допускает измерения вплоть до самого верха). Точно зная положение контрольного объекта, определенное при комнатной температуре, а затем непрерывно отслеживая его кажущееся положение, можно по результатам измерений вычислить диэлектрическую проницаемость парового пространства. Зная диэлектрическую проницаемость парового пространства, можно определить поправку для точного вычисления фактического значения уровня жидкости.



Эксплуатация в системах с насыщенным паром

Удаленные площадки и установки с питанием от солнечных батарей

Одна из сфер применения, набирающая все большую популярность, носит общее название "установки с питанием от солнечных батарей". Это относится к удаленным, часто необслуживаемым площадкам, на которых установлены системы, работающие на солнечной энергии с резервными батареями питания. На первый взгляд повышенные требования к эксплуатационным параметрам уровнемера не столь очевидны. Такие системы, исходя из принципа своего построения, имеют три основных критерия, которым они должны отвечать: малая потребляемая мощность, высокая скорость включения и высокое быстродействие.

Требование малой потребляемой мощности сводится к способности работы от источника с минимальным напряжением 12 В пост. тока (240 мВт при 20 мА). Это можно обеспечить напрямую или с помощью цифровой линии связи HART® или MODBUS®, имеющей фиксированную и достаточно малую величину выходного тока, например 8–10 мА. В этом случае потребление энергии можно контролировать с достаточной степенью точности (в частности, с помощью многоканальной системы передачи данных).

Высокая скорость включения является очень важным фактором для использования в установках с питанием от солнечной энергии. Учитывая, что площадки с оборудованием расположены на удалении, непрерывная передача информации обычно не является необходимым требованием. Часто достаточно обновления данных один раз в час или даже в сутки. Это позволяет строить высокоэффективные установки, потребляющие минимальное количество энергии. Настоящей проблемой уровнемеров является их способность возвращаться в рабочее состояние после выключения (режим сна) и последующего включения питания так, чтобы была возможность произвести надежные измерения в течение 15–30 секунд перед новым переходом в режим сна для ожидания следующего цикла измерений. В последних конструкциях волноводных уровнемеров можно выполнить цикл включения питания на период менее 15 секунд, что очень хорошо подходит для их применения в установках подобного типа.

Нестандартные методы измерений

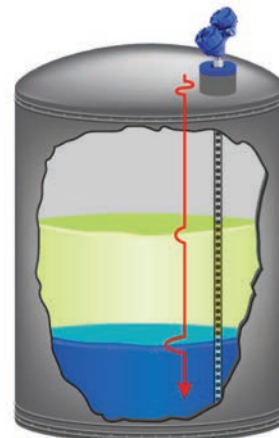
Радарные уровнемеры работают на принципе измерения времени прохождения сигнала микроволновой энергии, отраженной от поверхности жидкости, что позволяет получить точные результаты измерения уровня даже при изменении параметров технологической среды. Такое прямое измерение действительного уровня среды является ключевым аспектом обеспечения необходимой точности. Однако существуют ситуации, когда могут потребоваться дополнительные вычисления (расчетные измерения). И в этом случае зонд является критически важным компонентом. Знание точной длины зонда (стандартный параметр) позволяет уровнемеру обнаруживать сигнал отражения от конца зонда и принимать его за эталонное значение глубины. В системах с очень низкой диэлектрической проницаемостью ($< 1,4$) за счет влияния собственных характеристик технологической среды или существующих условий (например, при импульсных скачках давления), обнаружение кажущегося положения конца зонда можно использовать для вычисления количества (уровня) этой среды.

Почему? Скорость распространения микроволнового сигнала считается постоянной при его прохождении через типовое паровое пространство (воздух) обычно измеряемых жидкостей. Тем не менее, когда сигнал переходит в слой жидкости, имеющей низкую диэлектрическую проницаемость, скорость электромагнитного сигнала уменьшается в соответствии с уравнением: скорость = скорость света, деленная на корень квадратный из диэлектрической проницаемости. Зная диэлектрическую проницаемость среды и ожидаемое местоположение конца зонда (зависящее от его длины), уровень технологической среды можно рассчитать на основе определения кажущегося положения конца зонда (с задержкой).

Положение конца зонда с задержкой будет меняться с изменением диэлектрической проницаемости технологической среды. В результате этот метод не обеспечивает такой же точности, как измерение действительного уровня среды. По этой причине такой метод применяется не очень часто, но он может оказаться полезным при использовании усовершенствованных волноводных радарных уровнемеров в проблемных областях применения. Главная задача производителей радарных уровнемеров состоит в том, чтобы всегда определять сигнал, отраженный от действительного уровня, поэтому данный метод следует использовать в случаях, когда невозможно добиться желаемых результатов с помощью обычных средств, таких как изменение усиления и определение порогов.

Измерение границы раздела сред с помощью волноводных радарных уровнемеров

Многие отрасли промышленности сталкиваются с проблемами измерения границы раздела сред в установках, которые содержат две несмешивающиеся жидкости с разными значениями удельной плотности. В нефтегазовой промышленности широко распространены резервуары, содержащие нефть и воду, а их разделение является очень важной задачей. Вода может быть основной жидкостью, которая сопутствует углеводородам, находящимся в исходных геологических пластах, или являться незначительной частью, образовавшейся в результате конденсации на протяжении многих лет. В большинстве случаев наиболее предпочтительно измерять как уровень углеводородов, которые поднимаются вверх, так и уровень воды, опускающейся на дно.



Волноводный радарный уровнемер ECLIPSE может эффективно измерять уровень верхней жидкости и границу раздела сред. В связи с тем, что от поверхности среды с низкой диэлектрической проницаемостью отражается только часть энергии импульса, другая ее часть продолжает двигаться к концу зонда, проходя через слой верхней жидкости. Оставшаяся часть энергии первоначально импульса снова отражается от поверхности жидкости с большей диэлектрической проницаемостью. В типовом случае требуется, чтобы верхняя жидкость имела диэлектрическую проницаемость менее 10, а диэлектрическая проницаемость нижней жидкости должна превышать 15. Традиционной является емкость, в которой нефть расположена поверх воды, и верхний слой нефти не проводит электрический ток ($\epsilon_r \approx 2.0$), а нижний слой воды, наоборот, обладает высокой электропроводностью ($\epsilon_r \approx 80$). Волноводный радарный уровнемер ECLIPSE может достаточно точно обнаруживать верхние слои толщиной до 2 дюймов (50 мм), в то время как максимальная толщина верхнего слоя ограничивается только длиной зонда.

Еще одним фактором при измерении границы раздела сред являются эмульсионные слои. В системах, где имеется эмульсионный слой (также называемый подстилочным) толщиной 4 дюйма (100 мм) и менее, уровнемер ECLIPSE будет обнаруживать уровень границы раздела между эмульсионным слоем и водой. Если толщина эмульсионного слоя превышает 4 дюйма (100 мм), уровнемер ECLIPSE, скорее всего, определит верхнюю границу эмульсионного слоя (границу между нефтью и эмульсионным слоем).

Технологические уплотнения ANSI/ISA 12.27.01

При измерении горючих сред всегда требовалась более высокая степень надежности результатов измерений. В ходе поисков достижения максимального уровня безопасности постоянно возникал вопрос, как обеспечить необходимую герметичность между горючей средой, находящейся внутри резервуара, и внешним миром. Целью является исключение возможности проникновения технологической среды (газа или жидкости), находящейся под давлением, через кабельные, проводные или изолирующие вводы обратно в помещение в случае нарушения основного уплотнения. Литые уплотнения каналов ввода НЕ являются средством сдерживания жидкостей, находящихся под давлением.

Эта проблема стала темой для дискуссий на предмет сравнения одинарного и двойного уплотнения. Достаточно ли одинарного уплотнения для обеспечения безопасности систем подобного рода? Может быть, двойное уплотнение является лучшим решением?

Каналы для ввода термопар, изготовленные из нержавеющей стали, имеют показатели надежности, отвечающие требованиям TU ANSI/ISA 12.27.01, и являются приемлемыми видами одинарных уплотнений. Однако при удалении канала ввода термопар из нержавеющей стали и установке на их место уплотнительного кольца эти показатели становятся недействительными. При реализации такой конструкции в качестве резервного требуется второе уплотнение, что называется двойным

уплотнением.

Основные характеристики этих уплотнений:

Одинарные уплотнения должны пройти следующие виды испытаний:

- **Испытания на протечки и разрушение:** не должно быть видимых следов протечек при создании избыточного давления.
- **Циклическое изменение температуры:** уплотнение не должно нарушаться при периодических изменениях температуры в пределах установленного производителем максимума.
- **Циклическое испытание на усталость материалов:** уплотнение не должно нарушаться после 100 000 циклов изменения давления от атмосферного до номинального значения, указанного производителем.

Двойные уплотнения должны пройти следующие виды испытаний:

- **Испытания на протечки и разрушение:** то же, что и для одинарных уплотнений.
- **Вентиляция:** необходимо учитывать давление и расход при наихудшем случае нарушения главного уплотнения. Давление поднимается до тех пор, пока не будет выдан необходимый аварийный сигнал нарушения уплотнения.
- **Проверка аварийной сигнализации:** проверяется в ходе дальнейших испытаний.

Следует иметь в виду, что главной целью является использование (там, где это возможно) одинарного уплотнения, учитывая его более высокую надежность и тщательность испытаний. На рынке существуют волноводные радарные уровнемеры премиум-класса, одобренные в соответствии с техническими условиями ANSI/ISA 12.27.01. Благодаря более прочной конструкции они обладают повышенной степенью безопасности, которая так нужна пользователям. Конструкция зондов уровнемеров ECLIPSE модели 705 и ECLIPSE модели 706 в полной мере отвечает этим техническим условиям.

Усовершенствования в интерфейсе пользователя и программных средствах

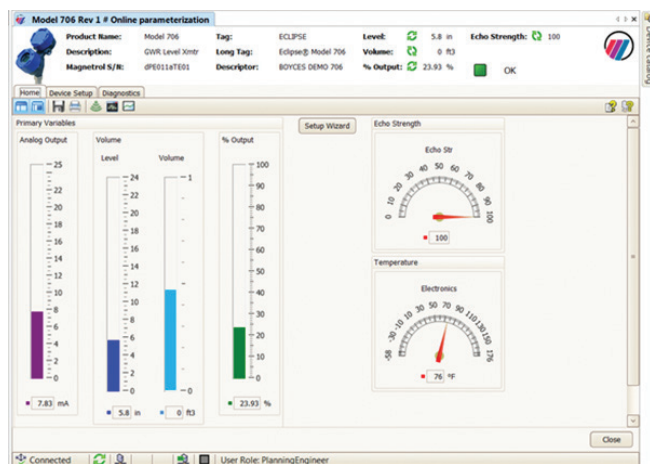
Применение персональных компьютеров (ПК) стало несомненным удобством для пользователей измерительных приборов. Возможность производить сложную калибровку и дистанционную диагностику неисправностей означает оптимизацию эксплуатационных параметров и снижение времени простоя. PACTware™ представляет собой одну программу из семейства коммуникационных интерфейсов администрирования промышленных устройств (FDT), взятого на вооружение многими пользователями. Диспетчеры типа устройств производителя (DTM) работают в формате программы PACTware. В этих DTM производитель предоставляет информацию об уровнемерах, которая, по его мнению, наиболее полно описывает то или иное устройство. Это имеет огромное значение при использовании более сложных инструментальных средств программного

обеспечения.

По мере того, как уровнемеры и программное обеспечение, поставляемое в комплекте с ними, становятся все совершеннее, пользователь хочет, чтобы производитель предоставлял в их распоряжение простой и интуитивно понятный интерфейс. DTM компании MAGNETROL, входящий в комплект уровнемера ECLIPSE модели 706, является примером логичного подхода, который концентрируется на том, как потребитель использует информацию, а НЕ на том, как уровнемер ее формирует.

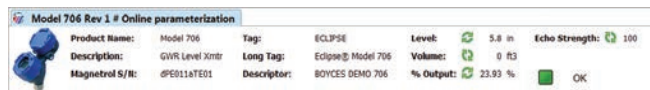
В новом уровнемере ECLIPSE модели 706 вся информация удобно распределена по разделам:

- **ГЛАВНЫЙ ЭКРАН** (на индикаторной панели) содержит всю основную информацию, полученную в конкретный момент времени.
- **МЕНЮ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА** содержит все параметры, подлежащие настройке.
 - **МАСТЕР НАСТРОЙКИ** предлагает минимальный набор настраиваемых параметров для быстрого запуска прибора в работу.
- **ДИАГНОСТИКА** предоставляет все средства для диагностики и поиска неисправностей прибора.

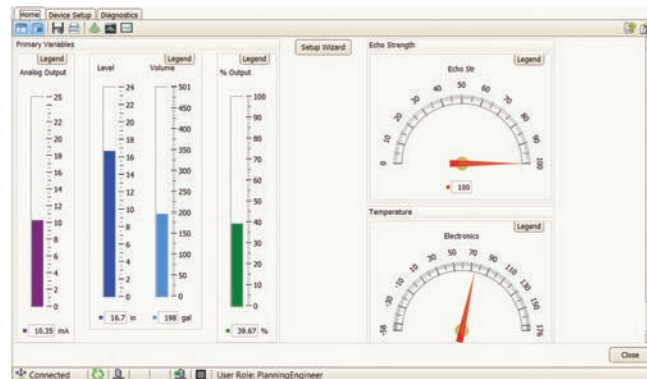


На приведенном выше рисунке ГЛАВНОГО ЭКРАНА показано расположение информации. Основными элементами являются:

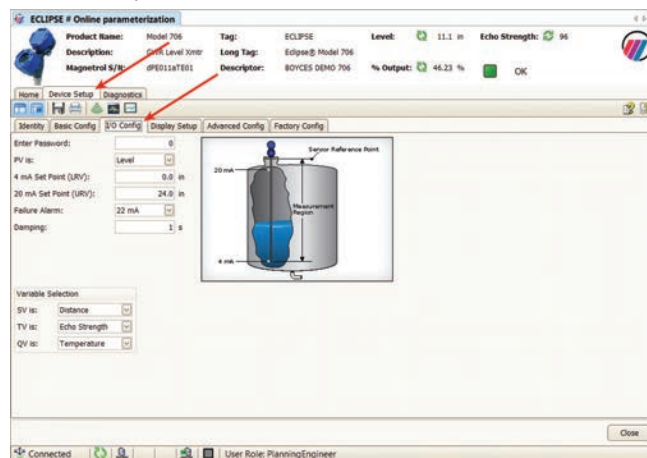
- **ЗАГОЛОВОК**, который содержит всю ключевую информацию и всегда видим на экране.



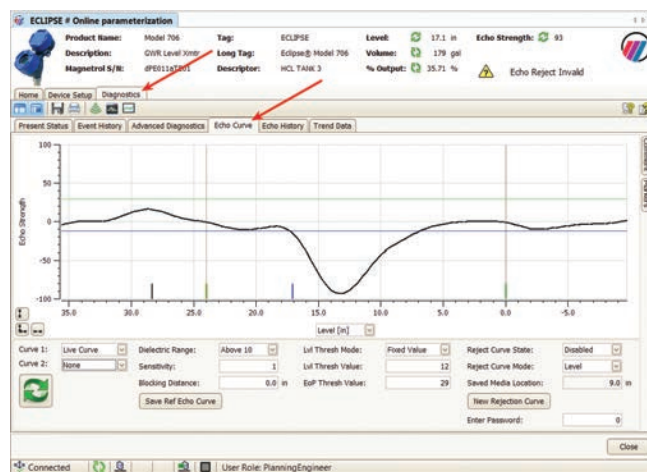
- Три вкладки для вывода **ГЛАВНОГО ЭКРАНА**, **МЕНЮ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА** и **ДИАГНОСТИКИ**.
 - На **ГЛАВНОМ ЭКРАНЕ** в удобном графическом формате представлены основные переменные и диагностическая информация.



- **МЕНЮ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА** предлагает набор инструментальных вкладок для настройки.



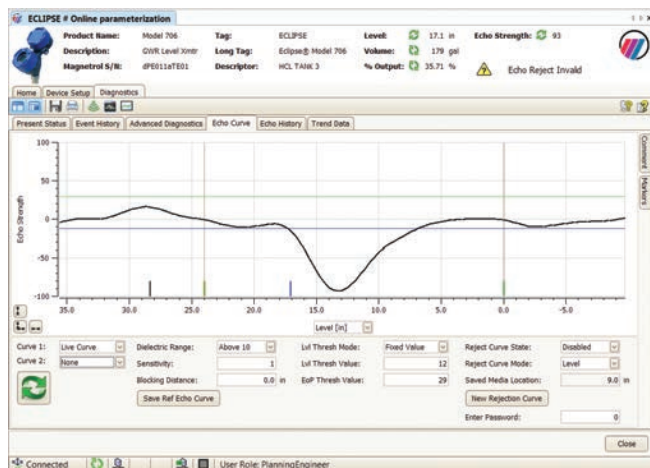
- **МЕНЮ ДИАГНОСТИКИ** открывает другой набор вкладок, помогающих найти неисправность.



Двойной щелчок мыши переносит пользователя в любой раздел с информацией об уровнемере. Кроме того, имеется всплывающая СПРАВКА, доступная при наведении курсора на любое поле с информацией.

Автоматический захват эхо-сигнала

Как был бы совершенен мир, если бы у уровнемеров никогда не возникало нарушений рабочих характеристик или проблем в течение всего их срока службы. Конечно, такое совершенно невозможно. Главное, что можно сделать, так это увеличить скорость решения проблемы пользователем и как можно быстрее вернуть устройство в строй, чтобы свести время простоя к минимуму. Одним из самых важных инструментов, используемых для поиска неполадок в установках с радарными уровнемерами, является кривая эхо-сигнала.



Это графическое представление эхо-сигнала, формируемое уровнемером, может очень много рассказать специалистам, которые имеют соответствующую подготовку в области интерпретации диаграмм. Этот график представляет собой снимок "здоровья" уровнемера в любой заданный момент времени. Он позволяет как бы заглянуть внутрь резервуара.

Основной проблемой графиков эхо-сигналов является их снятие с определенной периодичностью. Однако большинство таких проблем возникает в случае, когда установка обслуживается бригадами сокращенной численности и никто не ведет наблюдения за резервуаром. К тому времени, как специалист будет иметь возможность исследовать какую-либо неполадку, сигнал неисправности будет снят и станет невозможно понять, почему она произошла или, что еще более важно, когда она возникнет снова.

В связи с тем, что кривая эхо-сигнала имеет очень большое значение для поиска неисправностей в приборе, очень важно производить ее съем именно в тот момент, когда возникает проблема. Зачастую это означает подключение ноутбука и сбор информации ПОСЛЕ появления первых признаков проблемы, что явно не очень хорошо. Усовершенствованный уровнемер ECLIPSE модели 706 облегчает эту процедуру. Уровнемеры этой конструкции поставляются с завода настроенными так, чтобы съемка кривых эхо-сигнала производилась по времени (с помощью встроенных часов реального времени) или при возникновении определенных событий (например, таких, как потеря или низкий уровень отраженного сигнала). Уровнемер имеет возможность сохранять некоторое количество кривых эхо-сигнала во встроенной памяти. Впоследствии эти кривые могут быть






загружены в компьютер с установленной на нем программой PACTware. У пользователя есть возможность отправить эту информацию на завод-изготовитель для исследования специалистом с целью оказания помощи в поиске неисправностей. При таком подходе проблему можно решить гораздо быстрее и свести время простоя к минимуму.

NE107

В течение многих лет уровнемеры могли выдавать информацию только по токовой петле 4–20 мА, что позволяло отследить всего лишь изменение главной переменной. Интеллектуальные (построенные на базе микропроцессоров) устройства сняли такое ограничение, обладая способностью производить самодиагностику и передавать информацию по цифровым сетям, таким как HART, Profibus и FOUNDATION Fieldbus™. Большинство производителей поделило всю диагностическую информацию на три основные категории: неисправность (наиболее важная), предупреждение (менее важная) и информация.

Международная ассоциация NAMUR, занимающаяся вопросами промышленной автоматизации, в течение многих лет оказывает значительное влияние на улучшение различных частей этой сферы деятельности. Рекомендации NAMUR NE43, в которых старая токовая петля 4–20 мА заменена новым рабочим диапазоном 3,8–20,5 мА, где сигнал низкого аварийного уровня соответствует току 3,8 мА, а высокого аварийного уровня – более 21 мА, теперь широко используется в качестве "стандарта де-факто" большинством производителей.

NAMUR еще раз поднял планку, выпустив новые рекомендации NE107 для диагностической информации (самоконтроль и диагностика полевых устройств). Новые рекомендации NE107 предлагают деление на следующие категории (по степени важности):

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 1. Неисправность |  | Неправильные выходные данные из-за неисправности |
| 2. Проверка работоспособности |  | Выходные данные временно неправильны из-за выполнения другого вида работы (например, техническое обслуживание) |
| 3. Выход за пределы допуска |  | Работа за указанными пределами диапазона измерений |
| 4. Требуется техническое обслуживание |  | Выходная информация правильна, но нуждается во внимании специалиста |
| 5. ОК |  | Диагностика не выявила каких-либо проблем |

Этот относительно новый стандарт позволяет пользователю распределять по категориям диагностические индикаторы так, чтобы они отвечали их конкретным нуждам. В наиболее совершенных волноводных радарных уровнемерах такой подход уже реализован и встроен в диагностический алгоритм, что позволяет опытным пользователям получить большую степень гибкости. Все уровнемеры поставляются с предустановленными значениями для этих диагностических категорий, поэтому обычный потребитель, не использующий рекомендации NE107, все равно получает их без дополнительных затрат со своей стороны.

Итоги

Волноводные радарные уровнемеры были выпущены в качестве главного прибора для измерения уровня на предприятиях по всему миру, и новый MAGNETROL ECLIPSE модели 706 указывает путь дальнейшего

развития рабочих характеристик уровнемеров. Они эффективно и надежно измеряют уровень вплоть до точки монтажного соединения зонда. С помощью специальных изогнутых зондов волноводные радарные уровнемеры могут производить измерения почти до последней капли жидкости в резервуаре. Именно это делает их наиболее привлекательными для применения в фармацевтической промышленности, где используются дорогостоящие материалы.

Измеряя от первой до последней капли жидкости, уровнемер ECLIPSE модели 706 демонстрирует свою способность решать наиболее сложные задачи в разных отраслях промышленности. При простоте установки и исключительно высоких рабочих характеристиках в меняющихся условиях технологической среды совершенно не удивительно, что уровнемер ECLIPSE модели 706 стал самым лучшим прибором для применения в проблемных установках, и вместе с тем его также можно использовать в обычных системах.

Особенности	MAGNETROL ECLIPSE	Другие марки	Преимущество
ЗОНДЫ			
Зонды для работы в условиях переполнения: широкий ассортимент коаксиальных и камерных зондов, которые обеспечивают точность измерений вплоть до самого верха зонда	✓	Типовой одностержневой зонд может иметь участки в верхней части, где невозможно выполнять измерения, что приводит к потере сигнала	Отсутствие "мертвых зон", что обеспечивает работу в условиях переполнения и повышенный уровень безопасности
Уплотнения зонда, которые подвергаются обжигу и специальному креплению для получения высокой герметичности. Стеклокерамический сплав, пришедший на смену старым боросиликатным элементам, устраняет необходимость в обеспечении совместимости, которая характерна для уплотнительных колец	✓	В большинстве случаев предлагаются "мягкие" не приклеиваемые уплотнения	Значительное снижение риска протечек технологической среды и исключение проблем, связанных с совместимостью материалов. Эксплуатация при температурах технологической среды до 850 °F (455 °C) и давлениях до 2500 фунтов. кв. дюйм
Зонд для работы в условиях пара, использующий патентованную технологию компенсации. Контрольный объект для измерения уровня в условиях пара располагается всего лишь в 5 дюймах (125 мм) от конца зонда. Предлагаемая длина зонда до 20 футов (610 см)	✓	Большой неиспользуемый участок зонда. В некоторых моделях компенсация отсутствует совсем	Поддерживает высокую точность в установках насыщенного пара и расширяет используемый диапазон
Соответствие одинарного и двойного уплотнений требованиям ISA 12.27.01	✓	Отсутствует или могут потребоваться дополнительные расходы	Повышенная безопасность. Соответствие требованиям NEC/CEC
Запатентованное новое изделие, содержащее волноводный радарный уровнемер, встроенный и согласованный с магнитным индикатором уровня	✓	Н/П	Предлагает дублирующую местную индикацию по независимой технологии
Дополнительная модификация с сегментированным зондом	✓	Имеется в некоторых моделях	Поставляется в комплекте для сборки сегментов на месте эксплуатации, где существуют ограничения на установочный зазор в верхней части установки
Стандартное обеспечение соответствия строительным нормам NACE и V31	✓	Могут включать в отдельных случаях	Требуется при использовании в установках с повышенными требованиями на электростанциях и нефтеперерабатывающих заводах
ЭЛЕКТРОНИКА			
Полностью графический интерфейс пользователя с возможностью добавления и удаления элементов. Отображение кривых эхо-сигнала и трендов. Возможность настройки вывода только требуемой информации. Контекстно-зависимая справка	✓	Не графический индикатор без интерфейса пользователя	Отсутствие необходимости в использовании портативных ручных терминалов или внешнего программного обеспечения
Полностью встроенная электроника	✓	Могут содержать открытые электронные компоненты	Высокая надежность даже в условиях чрезмерной влажности

Особенности	MAGNETROL ECLIPSE	Другие марки	Преимущество
Может работать от источника питания с напряжением до 11 В даже в зонах повышенной опасности	✓	Для питания может потребоваться источник с напряжением 16 В пост. тока и выше, особенно в холодных климатических условиях и зонах повышенной опасности	Идеально подходит для питания от солнечных батарей
Самое высокое отношение "сигнал – шум", до трех раз выше, чем у конкурирующих изделий. В состоянии ожидания патента на схемотехническое решение диодной коммутации по переднему фронту импульса, которое полностью изолирует излученный и отраженный сигналы для повышения надежности работы	✓	В некоторых изделиях предлагается аналогичное, но менее эффективное решение	Устойчивая и надежная работа даже в самых сложных условиях. Продолжает работать там, где другие не справляются
Встроенный "виртуальный техник" автоматически сохраняет кривые эхо-сигналов при нарушениях работы и других событиях. Встроенные часы реального времени с календарем для фиксации времени возникновения событий. Постоянный контроль напряжения питания прибора	✓	Может потребоваться техник и/или внешнее программное обеспечение для обнаружения проблемы во время ее возникновения.	При возникновении проблем автоматически сохраняет информацию в уровнемере, что позволяет ускорить процесс поиска неисправности и свести к минимуму время простоя
Быстрый запуск – полная готовность к измерению уровня через менее чем 15 секунд после подачи питания	✓	Медленный запуск в работу и задержки в обновлении значений уровня. Только для запуска требуется в 5 раз больше времени	Быстрый запуск и короткое время включения для работы в установках с периодическим опросом. Запуск, считывание значения уровня, передача данных, выключение, и все это менее чем за 15 секунд
Одна модель уровнемера может использоваться с любыми зондами и типами установок	✓	Для разных областей применения требуются разные зонды	Малое количество запасных частей и большая гибкость. Электроника не нуждается в замене, если область применения отличается от ранее ожидавшейся
Предоставляемые технические характеристики получены в результате прямого измерения уровня	✓	При потере сигнала может использоваться измерение кажущегося уровня, которое имеет меньшую точность и является рискованным в некоторых областях применения	Всегда считывается действительный уровень и с хорошей точностью, даже при изменении диэлектрической проницаемости среды, при наличии водных подушек и т. д
Лучший в своем классе измеритель границы раздела сред, может определять верхний слой толщиной до 2 дюймов (50 мм). Превосходное определение толстых эмульсионных слоев	✓	Для обнаружения сигнала раздела сред может потребоваться, чтобы толщина верхнего слоя была не менее 4–6 дюймов (100-150 мм). Может быть ограничение по измерениям только при тонких эмульсионных слоях	Возможность измерения границы раздела в особо сложных условиях
Запатентованная конструкция "разделительного барьера" обеспечивает соответствие всем нормам по работе во взрывоопасных атмосферах, без снижения нагрузочной способности токовой петли	✓	Ограниченная нагрузочная способность токовой петли и высокое напряжение питания	Во взрывоопасных условиях может работать только с нагрузкой более 630 Ом при питании 24 В пост. тока
Оборудование с уровнем подтопы безопасности SIL 2 и долей безопасных отказов (SFF) = 93 %	✓	Такие модели могут не поставляться.	Подходит для использования в системах с повышенными требованиями к безопасности
Соответствие требованиям NE 107	✓	Такие модели могут не поставляться	Совместимость с самыми последними стандартами в области диагностики
Два отсека, быстрое отключение, корпус герметизированный на заводе-изготовителе	✓	Может предлагаться модель с одним отсеком, навинчиваемым непосредственно на зонд	Полное отделение клеммного отсека для подключения проводов от отсека с электронными компонентами. Нет необходимости в заливке внешним герметиком при использовании во взрывоопасных средах
Устройство, способное измерять несколько параметров среды. Кроме измерения уровня, можно легко настроить прибор на измерение границы раздела, объема или расхода среды за счет использования расширенной внутренней библиотеки, где собраны разные формы и типы резервуаров, а также расходомеров	✓	Может потребоваться использование градуировочных таблиц, разрабатываемых и настраиваемых пользователем	Просто выберите тип измерения, введите несколько настраиваемых параметров, а остальное сделает уровнемер Eclipse модели 706
Контроль налипания на зонд	✓	Н/П	Выдает сообщение о необходимости проведения технического обслуживания
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ			
Свободные промышленные стандарты FDT/DTM предлагают простой в использовании мастер настройки, а также усовершенствованные средства поиска неисправностей и документирования	✓	Для работы с прибором может потребоваться лицензионное программное обеспечение или дорогостоящие системы управления активами	Ничего не надо покупать. Универсальная работа с марками других производителей