

Влияние соотношения сигнал/шум на производительность волноводного радарного уровнемера



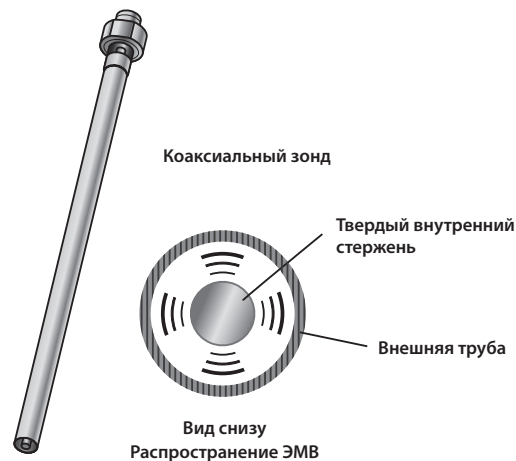
Несмотря на то, что волноводный радарный уровнемер является новой технологией, имеющей отношение к промышленному рынку, он успешно применялся в промышленности на протяжении последнего десятилетия благодаря своей превосходной производительности, гибкости применения и устойчивости к изменяющимся условиям производственного процесса. Тем не менее, даже с учетом данных преимуществ, опытным пользователям технологии волноводных радарных уровнемеров известно, что не все области применения равны.

Хотя несколько факторов могут определить вероятность успеха при применении волноводных радарных уровнемеров для измерения уровня, наиболее заметным фактором является диэлектрическая проницаемость технологической среды. Технологические диэлектрики изменяются от диэлектриков воды (с высокой проводимостью), имеющих номинальную диэлектрическую постоянную 80, до сверхлегких углеводородов (непроводящие), чья диэлектрическая постоянная находится в диапазоне от 1,4 до 1,7. Эффективная диэлектрическая постоянная может быть ниже, когда имеют место определенные технологические условия, такие как, например, кипение, испарение или вспенивание, или при использовании сыпучих материалов. Соответствующие «Коэффициенты отражения волноводных радарных уровнемеров» для данных веществ являются критическими для надежного определения технологического уровня и находятся в диапазоне от прим. 80% для воды до менее чем 5% для углеводородов, таких как пропан и бутан.

Волноводные радарные уровнемеры являются «контактной технологией», так как волноводный зонд находится в непосредственном контакте с измеряемым веществом. Так как сигнал сфокусирован в зонде или вокруг него, главным преимуществом наличия зонда, контактирующего с технологическим веществом, является потеря крайне небольшого количества энергии при прохождении сигнала по зонду. К недостаткам относятся проблемы с механической частью, относящиеся к любому контактному датчику (например, отложения), и трудности при выборе зонда.

Как показано на **рис. 1**, наиболее «эффективной» конструкцией волноводного датчика (с лучшим управлением сопротивлением и наибольшей чувствительностью) является коаксиальная.

Рисунок 1



К сожалению, данный зонд может использоваться не во всех областях применения. Это связано с существенно более высокой стоимостью и возможностью засорения коаксиального зонда или скопления на нем отложений, что часто влияет на выбор пользователем более простых конструкций зонда. Одной из таких конструкций является зонд с одиночным проводником (иногда называемым одностержневым). Как показано на **рис. 2**, зонд с одиночным проводником популярен из-за своей простой конструкции, меньшей стоимости и большего сопротивления к образованию отложений/засоров; тем не менее, это зонд, с которым труднее всего работать, по причине его малой распространности и зависимостей производительности, связанных с применением и установкой.

Рисунок 2



Например, при вводе непосредственно в резервуар или в неидеально установленные сбоку камеры одноствержневой зонд имеет неизбежное несогласование волнового сопротивления в верхней части, которое может помешать обнаружению уровня. Одноствержневые зонды также более подвержены влиянию посторонних близкорасположенных объектов (например, патрубков) и, из-за своего дисперсионного характера, обладают гораздо более низкой чувствительностью, чем другие типы зондов. Данная комбинация нежелательных отражений и низкой чувствительности может сделать применение одноствержневого зонда очень проблематичным.

«Сигнал» и «шум»

Принцип использования волноводного радарного уровнемера для измерения уровня сосредоточен на возможности обнаружения и воздействия на отражение сигнала (несогласованное волновое сопротивление) на поверхности технологического вещества. При идеальных условиях отражение от технологического вещества было бы единственным отражением, присутствующим по всей длине зонда. В данном случае сигнал волноводного радарного уровнемера с очень небольшой амплитудой, отраженный от очень низкой диэлектрической среды, был бы легко обнаружен и интерпретирован, в результате чего надежное измерение уровня и один зонд могли бы использоваться для всех применений в мире. Не было бы необходимости выбирать между различными типами зондов.

Тем не менее, на практике это совсем не так. Многие другие источники при обычном применении волноводных радарных уровнемеров могут являться источником нежелательных отражений. Амплитуды данных «нежелательных» отражений могут быть значительными, что затрудняет их отличие от реального отражения уровня и ставит под сомнение надежность измерения уровня.

В данном случае мы будем ссылаться на два данных случая, используя термины «сигнал» (желаемый сигнал с поверхности уровня) и «шум» (нежелательное отражение от чего-либо, отличное от желаемого сигнала уровня, включая электрические шумы и прочие помехи).

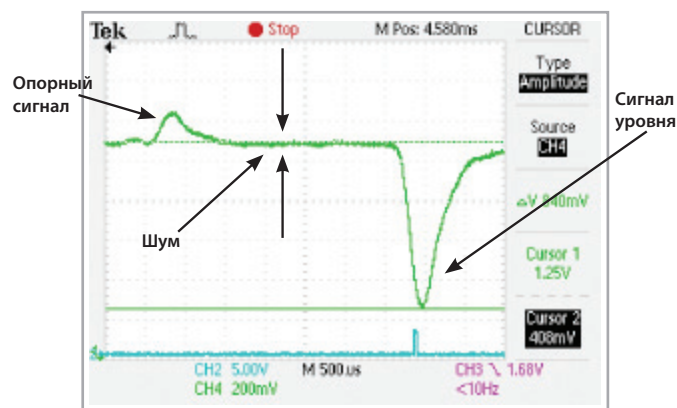
Амплитуда передаваемого импульсного сигнала и соотношение сигнал/шум

За последние годы в промышленности многое было сказано о важности амплитуды (размера) передаваемого импульсного сигнала волноводного радарного уровнемера. Размер передаваемого радиолокационного импульса, безусловно, важен, но, тем не менее, факт состоит в том, что амплитуда импульса сама по себе не всегда обеспечивает надежное и точное измерение уровня при всех условиях технологического процесса. Гораздо более важным параметром для обеспечения надежного измерения уровня при затрудненных условиях является **соотношение сигнал/шум**, которое, по существу, описывает разницу между желаемым сигналом и нежелательным шумом.

Как и в идеальном случае, описанном ранее, если сигнал значительно сильнее любого присутствующего шума, надежное обнаружение уровня является относительно простой задачей. Тем не менее, если амплитуда шума достигает амплитуды сигнала уровня, потеря точности или линейности является первым наблюдаемым эффектом из-за искажения сигнала уровня при его прохождении и взаимодействии с шумом. Более того, если соотношение сигнал/шум является достаточно плохим, неблагоприятное взаимодействие с сигналом может привести к потере сигнала уровня.

В остальных частях данного документа соотношение сигнал/шум рассматривается более подробно, объясняется влияние данного соотношения на измерение уровня, описывается методика измерения соотношения, а также используются фактические данные испытаний, чтобы показать, как модель 706 Eclipse® решает данную критическую проблему конструкции. На следующем рисунке изображен пример отличного соотношения сигнал/шум.

Превосходное соотношение сигнал/шум с коаксиальным зондом



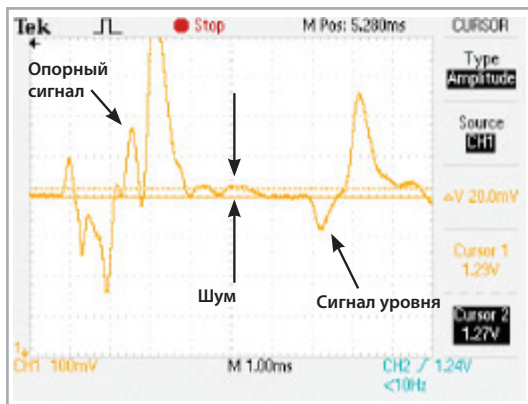
На данном изображении коаксиального зонда, производящего замер в воде, сигнал в воде является значительным, при этом отсутствуют заметные волны, пики, всплески и прочие шумы на основной линии области измерения. При данных условиях амплитуда сигнала составляет примерно 840 мВ. При отсутствии видимых шумов на основной линии соотношение сигнал/шум очень велико:

$$\text{Соотношение сигнал/шум} = 840 \text{ мВ} \\ \text{сигнал} / 20 \text{ мВ шум} = 42$$

В результате: обнаружение данного сигнала уровня является очень простой задачей.

С другой стороны, все выглядит совершенно по-другому на осциллограмме, представленной ниже:

Уровнемер ECLIPSE модель 706 с одностержневым зондом для измерения нефти

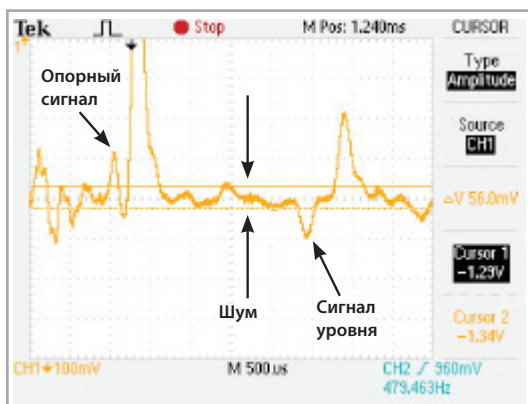


На данном рисунке одностержневой зонд производит замеры нефти с диэлектрической постоянной, равной 2. Хотя сигнал желаемого уровня (на поверхности нефти) является очевидным, на волнообразной основной линии присутствует множество других неровностей. Данные нежелательные сигналы могут быть образованы несколькими факторами, и, если они достаточно велики в сравнении с амплитудой сигнала, это может привести к проблемам с точностью измерения и/или потере сигнала уровня. При сигнале 88 мВ и шуме 20 мВ соотношение сигнал/шум составляет:

Соотношение сигнал/шум = 88 мВ сигнал/20 мВ шум = 4,40

Хотя соотношение сигнал/шум значительно ниже, чем в предыдущем примере с водой, на осциллограмме, представленной ниже, показано, что данное соотношение до сих пор почти в 3 раза лучше, чем у других конкурентных волноводных радарных уровнемеров при таких же условиях.

Конкурентный волноводный радарный уровнемер: Низкое соотношение сигнал/шум с одностержневым зондом



В данном случае присутствует гораздо больше шума. Поэтому полученное в результате соотношение сигнал/шум равно:

Соотношение сигнал/шум = 88 мВ сигнал/56 мВ шум = 1,57

Что является причиной данных «нежелательных» отражений? Ответ прост — все. Из-за чистой физики данной технологии и вне зависимости от производителя импульс волноводного радарного уровнемера будет отражаться от любой неоднородности сопротивления на всем пути сигнала. Путь сигнала берет начало в электронике уровнемера и включает в себя внутренний кабель и разъемы, разъем зонда, сам зонд и (желательно) неоднородность сопротивления, созданную поверхностью, измеряемой волноводным радарным уровнемером.

Любая неоднородность сопротивления во всей цепи будет являться причиной отражения сигнала, который затем может быть повторно отражен любой из неоднородностей сопротивления, упомянутых выше. Данные повторные отражения являются чем-то похожим на шум и иногда называются «треском». Они могут возникнуть на протяжении основной линии области измерения (например, шум в основной линии предыдущей осциллограммы).

Желательно устранить все нежелательные неоднородности сопротивления, но, по правде говоря, это не представляется возможным. Существует слишком много практических ограничений для устранения нежелательных неоднородностей сопротивления, и перечислить их все невозможно. Тем не менее, отличным примером известного нежелательного отражения является один из упомянутых ранее — неоднородность на верхней части одностержневого зонда.

Данное значительное нежелательное отражение возникает по причине несогласованности волнового сопротивления (неоднородности), возникающей, когда сигнал волноводного радарного уровнемера выходит из правильно расположенного уплотнения зонда и попадает в резервуар. Данное отражение сначала возвращается обратно к уровнемеру, а затем, если оно полностью не поглощается электроникой, повторно отражается обратно на зонд и проявляется как флуктуационный шум в диапазоне измерений. Если данный эффект не контролируется, он значительно ухудшает низкие диэлектрические свойства одностержневого датчика.

Многие производители волноводных радарных уровнемеров говорят об амплитуде передаваемого импульсного сигнала; тем не менее, за пределами точки, где амплитуда сигнала уровнемера является достаточной для обнаружения конкретного диэлектрика, амплитуда не играет практически никакой роли в обнаруженном соотношении сигнал/шум. По факту, когда присутствует слишком много источников нежелательных отражений, более значительная амплитуда передаваемого импульсного сигнала будет просто увеличивать шум с такой же скоростью, как она увеличивает сигнал уровня. Получаемое

в результате изменение соотношения сигнал/шум равно нулю — **более значительный импульс не приносит никакой пользы соотношению сигнал/шум.**

Единственной ролью значительного передаваемого импульсного сигнала является обеспечение того, что шум в системе не станет доминирующим во всем соотношении сигнал/шум в случае возврата слабого сигнала (например, длинные зонды в условиях низкой диэлектрической проницаемости). В данном случае слишком незначительный передаваемый сигнал стал бы причиной слишком незначительного полученного сигнала, что потребовало бы чрезмерного усиления сигнала в уровнемере. Другими словами, если передаваемый импульсный сигнал недостаточен, в какой-то момент шум в контуре может превысить уровень остальной системы.

Амплитуда передаваемого импульсного сигнала в усовершенствованных волноводных радарных уровнемерах, таких как ECLIPSE модель 706, составляет несколько сотен милливольт. Это считается более чем достаточным для достижения производительности всей системы благодаря точно определенному пути радиосигнала (от уровнемера к зонду и далее к поверхности уровня), а не благодаря внутреннему шуму уровнемера.

В результате соотношение сигнал/шум является ключевым компонентом производительности, выходящим за пределы простого повышения амплитуды передаваемого сигнала. По этой причине компания Magnetrol® реконструировала схему входного каскада и другие компоненты ECLIPSE модель 706 для оптимизации соотношения сигнал/шум.

Уровеньмер ECLIPSE модель 706

Схема входного каскада уровнемера ECLIPSE модель 706 включает в себя несколько инноваций, которые не только повышают амплитуду передаваемого импульсного сигнала, но и улучшают силу полученного сигнала и, что самое важное, увеличивают соотношение сигнал/шум.

Конструкция с диодной коммутацией (заявка на патент)

В новом уровнемере ECLIPSE 706 используется новое конструктивное решение, называемое входным каскадом с диодной коммутацией, усиливающее производительность входного каскада различными способами. Цепь с диодной коммутацией работает, соединяя генератор передаваемого импульсного сигнала с цепью зонда за короткий период времени (одна наносекунда) активности передаваемого импульсного сигнала. Ультрабыстрый сверхвысокочастотный диод затем отключается и фактически удаляется из цепи. Когда диодный коммутатор отключается, он эффективно разъединяет генератор передаваемого импульсного сигнала и зонд. В результате достигается полная изоляция цепи ресивера от генератора передаваемого импульсного сигнала. Это увеличивает чувствительность ресивера, направляя всю полученную энергию на сам ресивер.

Многие производители волноводных радарных уровнемеров также говорят об изоляции сигнала, но производимые ими компоненты не обеспечивают полную изоляцию. По факту, когда их устройства находятся в состоянии приема, внутреннее сопротивление в открытом состоянии создает небольшую, но измеримую потерю сигнала в ресивере. Цепь с диодной коммутацией не имеет данной проблемы.

Другой важной характеристикой данной техники является ее связь с соотношением сигнал/шум. Как было упомянуто ранее, нежелательные отражения могут возникать в любой части используемой системы волноводного радарного уровнемера, и наилучшим способом решения данной проблемы является разработка высококачественной электроники с широкополосным сопротивлением 50 Ом в источнике сигнала (электроника). Это обеспечивает поглощение всех нежелательных сигналов электроникой и невозможность их обратного отражения на зонд. Это также предотвращает появление повторных отражений на основной линии области измерения, что улучшает соотношение сигнал/шум.

Заключение

Так как для более требовательных видов применения требуется использование волноводных радарных уровнемеров, важно уметь определять факторы, обеспечивающие нормальное функционирование. В данном документе описана значимость двух данных факторов: соотношения сигнал/шум и значительных передаваемых импульсных сигналов, так как они имеют отношение к измерению уровня в системах волноводных радарных уровнемеров.

Большое внимание уделялось конструкции нового уровнемера ECLIPSE модель 706. В данном решении объединены оптимизированная схема входного каскада и более высокая амплитуда передаваемого импульсного сигнала с улучшенной чувствительностью ресивера и улучшенным соотношением сигнал/шум, что обеспечивает превосходную производительность в сравнении с предыдущими конструкциями волноводных радарных уровнемеров.

БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ В КОМПАНИИ MAGNETROL:

Телефон: +32-(0)52-45-11-11

Факс: +32-(0)52-45-09-93

E-mail: info@magnetrol.be

www.magnetrol.com

©2013, Magnetrol International, Incorporated. Неправомерное использование и/или размножение данного материала без явно выраженного письменного разрешения категорически запрещено.

Бюллетень: RU57-241.0 •

Действителен по состоянию на: июнь 2013 г.