

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ МНОГОФАЗНЫХ
ЖИДКОСТЕЙ**

Е.И. Тренкаль, А.Г. Лоцилов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

APPROACH FOR IMPROVING MEASUREMENT PRECISION OF MULTIPHASE LIQUID LEVELS

E.I. Trenkal, A.G. Loshchilov

Tomsk state university of control systems and radioelectronics (TUSUR),

Special design bureau «Smena»

Russian Federation, Tomsk city, Lenin Avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

***Abstract.** The solution allowing to determine the structure and the layers parameters of the multiphase liquid in real-time mode is proposed. The method is based on using the periodic controllable loads in the measuring probe construction, which can change their own parameters at the required time moment. In the paper an algorithm for determination of the layers parameters of the multiphase liquid is shown.*

Введение. Актуальной задачей современной промышленности является измерение уровней многослойной среды, представляющей собой комбинацию из нескольких жидкостей с различными параметрами. Перспективным решением для осуществления этой процедуры является использование рефлектометрии во временной области (Time domain reflectometry (TDR)) – метода, позволяющего определить характеристики исследуемого объекта на основе анализа его реакции на тестовое воздействие. Обзор и анализ публикаций, посвященных измерению уровней жидкости методом TDR, представлен в работе [1].

Недостатком существующих решений является использование априорных сведений о параметрах измеряемых жидкостей, полученных либо на основе справочных данных, либо в результате процедуры калибровки при монтаже измерительной системы. На практике параметры жидкостей не являются стационарными и зависят от внешних условий, что делает актуальной задачу поиска способа определения параметров слоев многофазной жидкости в процессе измерения.

Описание предлагаемого способа измерения. В качестве решения предлагается использовать модифицированную конструкцию измерительного зонда, включив в её состав управляемые нагрузки с известными параметрами. Это позволит реализовать два режима работы измерительного зонда: режим калибровки, при котором последовательно изменяются состояния управляемых нагрузок и определяются параметры исследуемых сред, и режим измерения, при котором управляемые нагрузки не влияют на распространение сигнала в измерительном зонде, либо искажения, вызванные их включением – незначительны. На рис. 1 приведен пример конструкции измерительного зонда, содержащего управляемые нагрузки.

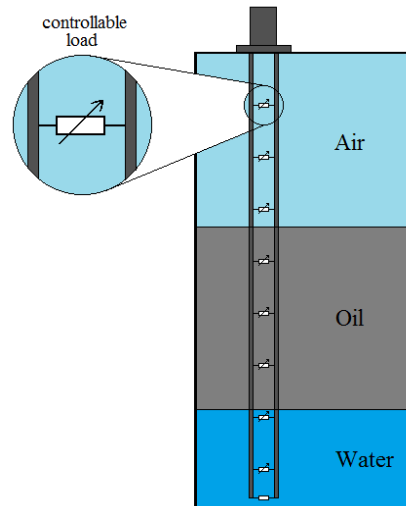


Рис. 1. Пример измерительного зонда с управляемыми нагрузками

Алгоритм измерения, позволяющий определить параметры слоев многофазной жидкости с использованием измерительного зонда предложенной конструкции включает в себя следующие шаги [2]:

1. Формирование вектора рефлектограмм. Проводится последовательность измерений (расчетов) рефлектограмм измерительного зонда для заданного набора состояний управляемых нагрузок.

2. Определение массивов откликов. Формируется два массива, содержащих информацию об амплитудах и временных задержках откликов, отраженных от:

- а) границ раздела фаз и конца измерительного зонда;
- б) управляемых нагрузок.

Из формируемых массивов исключаются паразитные переотражения, определение которых проводится путем применения алгоритма селекции сигналов [3].

3. Определение структуры многофазной жидкости и принадлежности управляемых нагрузок её слоям. Определяется количество слоев многофазной жидкости. Каждому отклику, отраженному от управляемой нагрузки, приводится в соответствие слой, в котором эта управляемая нагрузка находится.

4. Определение параметров слоев многофазной жидкости. По параметрам откликов от управляемых нагрузок для каждого слоя последовательно определяются:

- а) скорость распространения v ;
- б) диэлектрическая проницаемость ϵ и длина слоя l ;
- в) коэффициент затухания α и коэффициент отражения Γ .

Моделирование. Для оценки эффективности нового подхода было проведено моделирование измерения параметров многофазной жидкости с использованием классического и предложенного подхода измерения. Ключевое отличие заключается в способе оценки диэлектрической проницаемости среды: при классическом подходе используются справочные данные; в предлагаемом подходе измерение параметров среды выполняется в режиме калибровки уровнемера.

В таблице 1 представлены параметры моделируемой многофазной среды, а также справочное значение относительной диэлектрической проницаемости, используемое при расчете классическим подходом.

Таблица 1

Параметры многофазной жидкости

№ слоя	Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ	Справочное значение относительной диэлектрической проницаемости ϵ	Потери α , дБ/м	Длина слоя l , м
1	1,05	1	0,5	0,3
2	2,3	2,1	1	0,5
3	70	80	2	0,5

В модели конструкции измерительного зонда, реализующего предлагаемый подход, использовалось шесть управляемых нагрузок, равномерно расположенных по всей длине измерительного зонда. В вычислительном эксперименте учитывались: а) шум генератора: закон распределения – нормальный; среднее квадратичное отклонение напряжения – 1 мВ; б) шум приёмника: закон распределения – нормальный; среднее квадратичное отклонение напряжения – 600 мкВ; в) квантование сигнала приемником: разрешающая способность – 16 бит. Результаты расчета длин слоев и относительная погрешность для предложенного и классического подхода представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета длин слоев многофазной жидкости

№ слоя	Классический подход		Предлагаемый подход	
	Длина слоя l , м	Относительная погрешность δ , %	Длина слоя l , м	Относительная погрешность δ , %
1	0,307	2,333	0,299	0,045
2	0,523	4,6	0,5003	0,062
3	0,468	6,4	0,499	0,102

Заключение. В работе предложен подход, основанный на использовании в конструкции измерительного зонда управляемых нагрузок, позволяющих в необходимый момент времени изменять их характеристики. Предложенное решение позволяет в режиме реального времени определять структуру и параметры слоев многофазной жидкости, тем самым повысить точность измерения уровней слоев многофазной жидкостей. Представленные результаты расчетов показывают более высокую точность предлагаемого метода по отношению к существующему классическому подходу измерения, что говорит о высоком потенциале предлагаемого метода и перспективах развития данного направления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тренкаль Е.И. Измерение уровней жидкости методом импульсной рефлектометрии (обзор) / Е.И. Тренкаль, А.Г. Лошилов // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 67–73.
2. Trenkal E.I. New approach for increasing the precision of TDR analysis of multilayer environments / E.I. Trenkal, A.G. Loshchilov // Proceedings of TUSUR University. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 5–9.
3. Тренкаль Е.И. Алгоритм селекции полезных сигналов в задаче TDR-измерения уровней многофазных жидкостей / Е.И. Тренкаль, А.Г. Лошилов // Электроника и микроэлектроника СВЧ: сборник трудов всероссийской научно-технической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2016. – Т. 1. – С. 222–226.