

УДК 666

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА МЕЖДУ СЛОЯМИ И УРОВНЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ

Якшигильдина Р.И., студент гр. 1БМ63, I курс магистратуры,

Степанов А.Б., старший преподаватель

Научный руководитель: Степанов А.Б., старший преподаватель

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск

По мере повышения степени автоматизации производственных процессов и современных систем контроля технологических параметров актуальность измерения уровня жидких сред возрастает. В настоящее время существуют более двадцати различных способов измерения уровня жидких сред [1]. Часть из них получили широкое применение в современной промышленности, а другие имеют узкоспециальную область применения из-за присущих им различных недостатков. Как правило, в большинстве практических приложениях требуется не только измерять не только уровень жидкой среды, но и положение границы раздела между слоями, если жидкая среда является многокомпонентной. Важно отметить, что большинство современных подходов для измерения границы раздела двухслойной жидкости оказываются непригодными. В связи с этим возникает задача рассмотрения иных технических решений к измерению уровня и границы раздела двухслойной жидкой среды. В настоящее время широкое применение для измерения уровня жидких сред получили ёмкостные датчики уровня.

Рассматриваемый метод измерения относительных диэлектрических проницаемостей и положения границы раздела между слоями жидкой среды описывает измерительную систему, состоящий из двух ёмкостных измерительных преобразователей в виде плоских конденсаторов. Принцип действия ёмкостного уровнемера основан на зависимости электрической ёмкости конденсаторного преобразователя образованного, например, при помощи двух пластин, которые введены в измеряемую среду от высоты уровня жидкости [2].

Значение электрической ёмкости конденсатора C для случая плоскопараллельного расположения измерительных электродов можно определить с помощью следующего математического выражения:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d}, \quad (1)$$

где ε - относительная диэлектрическая проницаемость межэлектродной среды; ε_0 - диэлектрическая постоянная; S - площадь измерительных электродов конденсатора; d - расстояние между измерительными электродами конденсатора.

Необходимо отметить, что для ряда технологических процессов положение границы раздела двух слоев жидкости может колебаться относительно некоторого среднего уровня. В этом случае для измерения относительных диэлектрических проницаемостей и положения границы раздела между слоями можно использовать два емкостных датчика уровня. Возможное взаимное расположение и геометрические размеры измерительных электродов двух ёмкостных датчиков D1 и D2 изображены на *рис. 1*. Будем считать, что расстояние между измерительными электродами датчиков равно d , а ширина и высота измерительных электродов ёмкостных датчиков уровня равны соответственно a и b (*рис. 1*).

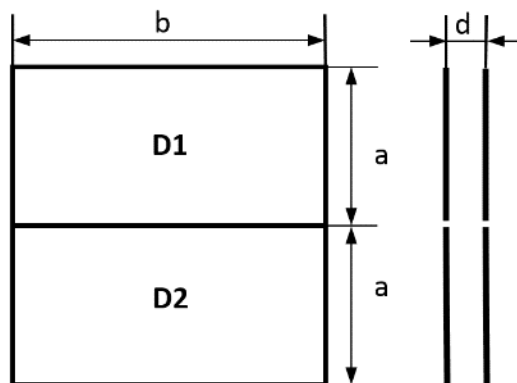


рис.1. Расположение и размеры ёмкостных датчиков уровня

Рассмотрим резервуар с двухслойной жидкой средой. При этом будем считать, что двухслойная жидкость занимает полностью весь объём резервуара (*рис. 2*). Схема размещения датчиков уровня изображена на *рис. 2*. Относительная диэлектрическая проницаемость верхнего слоя жидкой среды равна ϵ_1 , а относительная диэлектрическая проницаемость нижнего слоя жидкой среды равна ϵ_2 (*рис. 2*). Рассмотрим два момента времени t_1 и t_2 (*рис. 2*). Предположим, что в момент времени t_1 граница раздела двух жидких сред проходит через измерительные электроды датчика D1 (*рис. 2*).

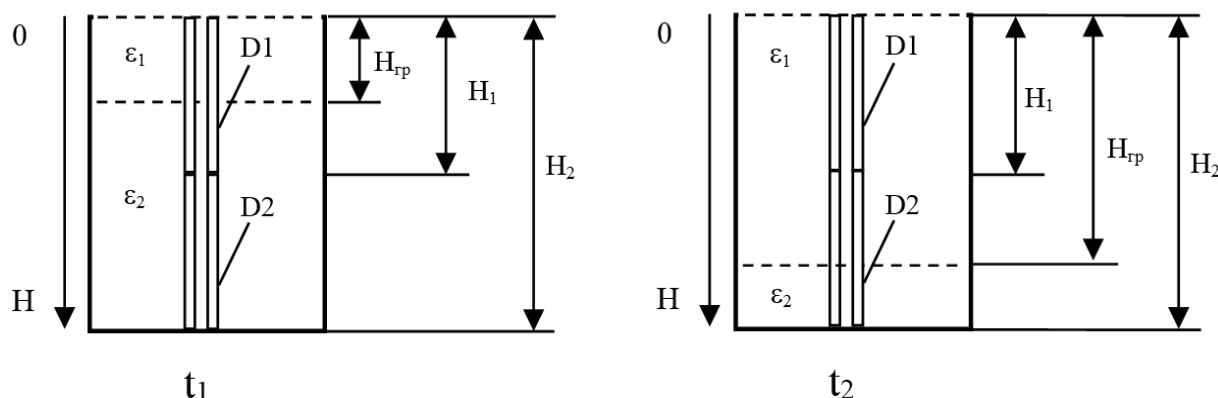


рис. 2. Резервуар с двумя ёмкостными датчиками уровня

Будем считать, что начало координат находится в верхней граничной плоскости резервуара. При этом будем полагать, что датчик D1 погружен в контролируемую двухслойную жидкую среду на уровень H_1 , датчик D2 на уровень H_2 , а граница раздела двух жидких сред находится на уровне H_{cp} (*рис.*

2). По выражению (1) найдем значение ёмкости для каждого из двух датчиков уровня.

Значение ёмкости датчика D1 в момент времени t_1 запишем в виде:

$$C_1(t_1) = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot b \cdot H_{\Gamma P}(t_1)}{d} + \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b \cdot (H_1 - H_{\Gamma P}(t_1))}{d}. \quad (2)$$

Отсюда

$$H_{\Gamma P}(t_1) = \frac{C_1(t_1) \cdot d - \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b \cdot H_1}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot b - \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b}. \quad (3)$$

В момент времени t_1 относительная диэлектрическая проницаемость нижнего слоя может быть измерена следующим образом:

$$\varepsilon_2 = \frac{C_2(t_1) \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot b \cdot (H_2 - H_1)}. \quad (4)$$

Значение ёмкости датчика D2 в момент времени t_2 запишем в виде:

$$C_2(t_2) = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot b \cdot (H_{\Gamma P}(t_2) - H_1)}{d} + \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b \cdot (H_2 - H_{\Gamma P}(t_2))}{d}. \quad (5)$$

Отсюда

$$H_{\Gamma P}(t_2) = \frac{C_2(t_2) \cdot d + \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot b \cdot H_1 - \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b \cdot H_2}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1 \cdot b - \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot b}. \quad (6)$$

В момент времени t_2 относительная диэлектрическая проницаемость верхнего слоя может быть измерена следующим образом:

$$\varepsilon_1 = \frac{C_1(t_2) \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot b \cdot H_1}. \quad (7)$$

В статье рассмотрен метод измерения относительных диэлектрических проницаемостей слоев и положения границы раздела двухслойной жидкой среды, основанный на применении двух ёмкостных датчиков уровня. Таким образом, в любой момент времени можно найти значения относительных диэлектрических проницаемостей обоих слоев жидкой среды и уровень границы раздела между слоями двухслойной жидкости.

Список литературы:

1. Якшигильдина Р.И., Степанов А.Б.// Изд-во ТПУ. 2016. Т. 1. С. 244-247.
2. Якшигильдина Р.И., Степанов А.Б., Рюмкин А.В.// Изд-во Новосибирский государственный технический университет. 2016. Т. 1. С. 71-73.