

## АЛГОРИТМЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В ЗАКРЫТОМ РЕЗЕРВУАРЕ

А.Ю. Жуков

## ALGORITHMS FOR LIQUID LEVEL MEASUREMENT IN A CLOSED TANK

A.Yu. Zhukov

Рассмотрен принцип работы радиолокационного уровнемера. Описаны два метода определения расстояния – импульсный и частотный. Приведены структурные схемы дальнометров, функционирующих на основе указанных методов.

*Ключевые слова:* радиолокационный уровнемер, импульсный и частотный методы измерения расстояния.

Operating principle of a radar liquid level gage is considered in the article. Two methods of distance measurement which are impulse and frequency ones are described. Structural diagrams of distance measuring equipment operating on the basis of the given methods are introduced.

*Keywords:* radar level gage, impulse and frequency methods of distance measurement.

Принцип действия радиолокационного уровнемера основан на явлении отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред с различными скоростями распространения электромагнитных волн. Для реализации радиолокационного метода измерения уровня необходимо выполнение условия  $\epsilon_1\mu_1 \neq \epsilon_2\mu_2$ . Поскольку магнитная проницаемость большинства измеряемых сред примерно равна 1, то можно принять  $\mu_1 \neq \mu_2$ , т. е. для измерения уровня необходимо различие диэлектрических проницаемостей сред, образующих границу раздела.

В общем случае радиолокационный уровнемер представляет собой радиолокационную станцию (рис. 1), состоящую из излучателя и приемника радиосигнала 1 и схемы измерения временного интервала 2.

Измерение уровня осуществляется посредством измерения интервала времени между посылкой зондирующего радиосигнала и приходом на приемник отраженного от поверхности радиосигнала. По принципу действия радиолокационные уровнемеры делят на две группы – импульсные и частотные [1].

Импульсный метод определения расстояния до поверхности уровня основан на излучении радиосигнала в виде последовательности радиоимпульсов длительностью  $\tau_{и}$  с периодом излучения  $T_{и}$ .

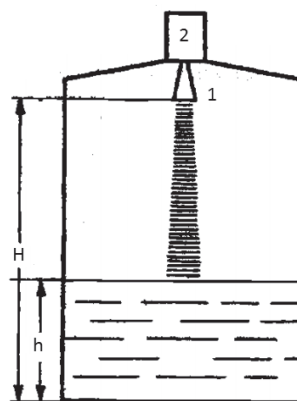


Рис. 1. Принцип работы радиолокационного уровнемера

Структурная схема импульсного радиолокационного уровнемера приведена на рис. 2. Синхрогенератор вырабатывает периодическую последовательность импульсов с периодом  $T_{и}$ , которые воздействуют одновременно на формирователь-измеритель, импульсный модулятор, устройство защиты и антенный переключатель. Импульсный модулятор вырабатывает модулирующие видеоимпульсы длительностью  $t_{и}$ , воздействующие на генератор СВЧ. Последний вырабатывает радиоимпульсы приблизительно такой же длительности.

Жуков Алексей Юрьевич – сотрудник сектора «СВЧ-устройства», Южно-Уральский государственный университет; crts@drts.susu.ac.ru

Zhukov Alexei Yurievich – officer of the division of Ultra-high frequency devices, South Ural State University; crts@drts.susu.ac.ru

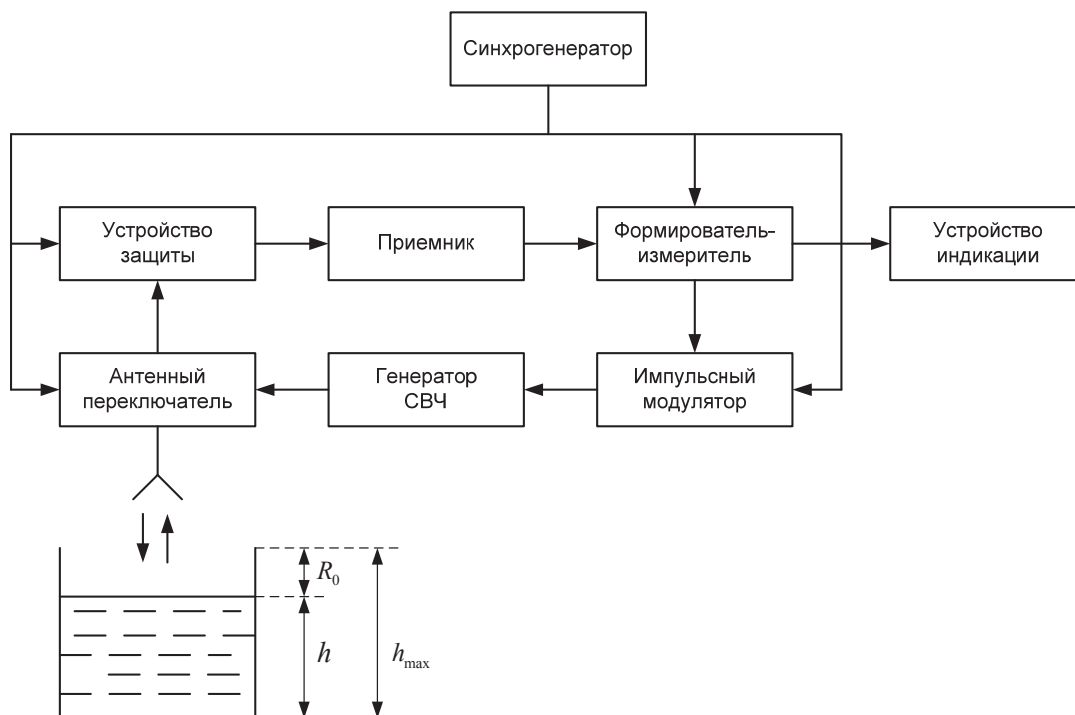


Рис. 2. Структурная схема импульсного радиолокационного уровнемера

Генератор СВЧ формирует периодическую последовательность радиоимпульсов, излучаемую антенной в виде зондирующего сигнала. Отраженный импульс появляется на входе приемника через интервал времени:

$$t_{R_0} = \frac{2R_0}{c}.$$

С выхода приемника видеоимпульсы подаются на формирователь-измеритель и затем на устройство индикации. Антенный переключатель на время генерации импульса подключает передатчик к антенне, отключая от нее вход приемника, а в паузах между излучением импульсов – приемник, отключая передатчик. Остаток просочившейся в тракт мощности передатчика подавляется устройством защиты. Синхрогенератор обеспечивает синхронность работы импульсного модулятора и блоков антенного переключателя и устройства защиты, а также задает правильную циклограмму работы формирователя-измерителя при формировании подаваемых на импульсный модулятор импульсов и выдаче информации о расстоянии на устройство индикации.

Погрешность измерения расстояния в импульсном радиолокационном уровнемере, использующем простые зондирующие сигналы (радиоимпульсы с прямоугольной огибающей), зависит от длительности импульса  $t_{\text{и}}$  зондирующего сигнала:

$$\Delta R_0 = \frac{ct_{\text{и}}}{2}.$$

Определение уровня частотным методом сводится к измерению приращения частоты передат-

чика за время распространения зондирующего сигнала до поверхности раздела и обратно [2]. Если частота излучаемых колебаний  $f_{\text{и}}$  изменяется непрерывно по линейному закону со скоростью  $\gamma = \frac{df_{\text{и}}}{dt}$ , то приращение частоты излучаемых колебаний за время распространения сигнала  $t_{R_0} = \frac{2R_0}{c}$  составит  $\Delta f_{\text{и}} = \gamma \cdot t_{R_0}$ . Измеряя разность частот излучаемых и принимаемых колебаний  $\Delta f_{\text{и}} = f_{\text{и}} - f_{\text{с}} = F_{R_0}$ , можно определить расстояние до поверхности раздела двух сред:

$$R_0 = \frac{c}{2\gamma} \Delta f_{\text{и}} = \frac{c}{2\gamma} F_{R_0},$$

где  $c$  – скорость распространения электромагнитных волн.

Базовая структурная схема радиолокационного уровнемера, использующего частотный метод измерения расстояния, приведена на рис. 3.

ЧМ генератор модулируется с помощью модулятора. Модуляция может осуществляться с использованием рассмотренных выше законов модуляции. Генерируемый СВЧ сигнал поступает на вход 1 циркулятора. Далее почти вся энергия этого сигнала через вход-выход 2 циркулятора поступает в приемопередающую антенну и излучается в направлении отражающего объекта [3].

Поскольку развязка между входами 1 и 3 циркулятора не бесконечна (не более 20–30 дБ), то небольшая часть мощности сигнала со входа 1 поступает на выход 3, к которому подсоединен

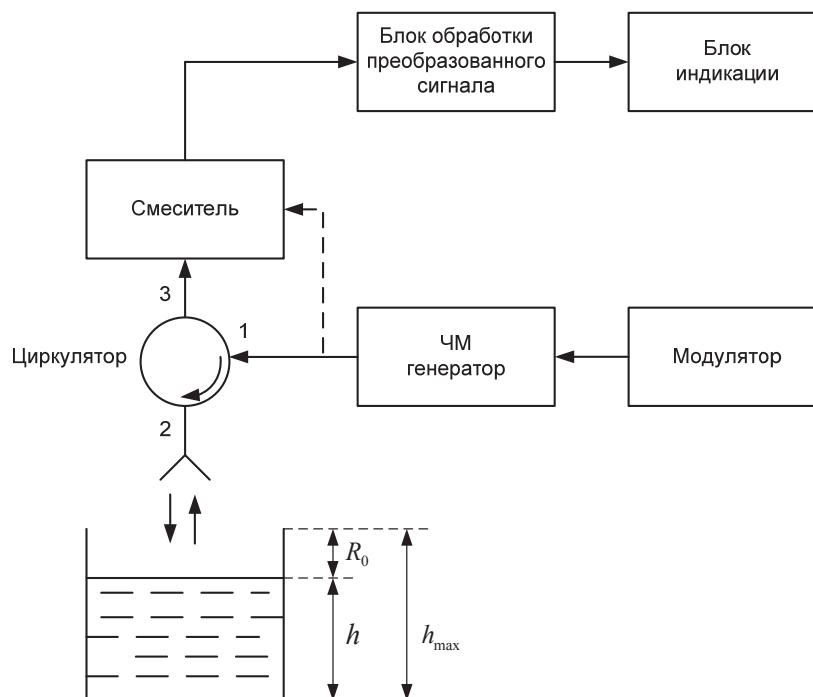


Рис. 3. Структурная схема частотного радиолокационного уровнемера

смеситель. Этот сигнал может выполнять функцию гетеродинного сигнала для смесителя. Если мощности просачивающегося сигнала недостаточно для нормальной работы сигнала, то может быть организован дополнительный тракт подачи излучаемого сигнала на смеситель (показан пунктирной линией на рис. 3).

Отраженный от объекта сигнал через антенну поступает на вход 2 циркулятора и далее на выход 3 циркулятора и на смеситель. Сигнал на выходе смесителя носит название преобразованного сигнала. Преобразованный низкочастотный сигнал с выхода смесителя поступает на блок обработки и далее на блок индикации.

Поскольку непрерывное изменение частоты передатчика по линейному закону практически не осуществимо, то на практике применяют последовательность модуляций частоты [4]. Практически используют три вида модуляции: симметричную

линейную, несимметричную линейную и гармоническую модуляцию.

#### Литература

1. Бобровиков, Г.Н. Методы измерения уровня / Г.Н. Бобровиков, А.Г. Катков. – М.: Машиностроение, 1977. – 168 с.
2. Виницкий, А.С. Очерк основ радиолокации при непрерывном излучении радиоволн / А.С. Виницкий. – М.: Совет. радио, 1961. – 495 с.
3. Комаров, И.В. Основы теории радиолокационных систем с непрерывным излучением частотно-модулированных колебаний / И.В. Комаров, С.М. Смольский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 392 с.
4. Радиотехнические системы: учеб. для вузов / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.

Поступила в редакцию 29 мая 2012 г.