

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОВОЛНОВОГО УРОВНЕМЕРА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ЗОНДИРУЮЩИЙ СИГНАЛ СО СЛОЖНЫМ ЗАКОНОМ МОДУЛЯЦИИ

В.Е. САМОНОВ¹, А.В. ГУСИНСКИЙ¹, А.И. ВОЛКОВЕЦ¹, А.М. КОСТРИКИН¹,
Н.М. СЛЮСАРЬ²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
sve_69@tut.by, gusinski@bsuir.by, volk@tut.by

²Военная академия Республики Беларусь
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь

В современных условиях все большее применения находят бесконтактные радиоволновые устройства и приборы для измерения различных параметров динамических объектов – вращения, движения, вибраций. Достаточно давно радиоволновые устройства применяются для измерения уровней жидкостей и сыпучих материалов. Предложен новый способ построения радиоволнового уровнемера на основе использования частотно-модулированного зондирующего сигнала и цифровой квадратурной обработки отраженного сигнала в DSP процессоре. Предложенный способ построения радиоволнового уровнемера позволяет повысить точности измеряемого расстояния при упрощении конструкции уровнемера.

Ключевые слова: радиоволновые измерения, радиоволновой уровнемер, СВЧ.

В последнее время наблюдается активное развитие направления по исследованию и разработке радиоволновых сверхвысокочастотных радиоэлектронных систем для решения вопросов по технической диагностике машин и механизмов. При этом одной из актуальных задач является повышение точности измерений при условии упрощения приборов и снижения их стоимости. Заинтересованность в развитии данного направления заключается в том, что данные измерения производятся бесконтактным способом, что позволяет не воздействовать на исследуемый объект, а также позволяет производить измерения в неблагоприятных условиях, например в агрессивных средах.

Другая задача, которая успешно решается с помощью радиоволновых устройств – это измерение уровня жидкостей, либо сыпучих материалов в замкнутых объемах. Первые устройства, позволяющие решать эту задачу были запатентованы в конце пятидесятых годов прошлого века [1]. В настоящее время запатентованы и выпускаются радиоволновые уровнемеры. Так известны радиолокационные уровнемеры типа RTG2920, RTG2930, RTG2940, RTG2960 фирмы “SAAB TANK CONTROL”, Швеция [2]. В основу этих уровнемеров положен способ измерения дальности, использующий непрерывное излучение частотно-модулированного сигнала [3].

Известны также уровнемеры фирмы “Вега” (Германия) [4], использующие импульсный метод измерения дальности с применением “особого способа “трансформации времени”, позволяющего “растянуть” во временном интервале эхо-картину для подробного ее анализа”. Недостатком данных уровнемеров является сравнительно большая погрешность измерения – 0,1 % при диапазоне измерения уровней 20 м, что соответствует абсолютной погрешности ± 20 мм.

Данный показатель значительно хуже, чем у уровнемеров фирмы “SAAB TANK CONTROL”, которая гарантирует погрешность не более ± 1 мм.

Излучаемая полоса радиочастот в уровнемерах как фирмы “Вега” (длительность импульса передатчика 1 нс), так и фирмы “SAAB TANK CONTROL” примерно одинакова – 1000 МГц.

Известен “Радиолокационный уровнемер РЛУ-1” (ОАО, Уральское проектно-конструкторское бюро “Деталь”), в котором реализовано устройство по патенту №2176382 “Радиолокационный импульсный рециркуляционный импульсный уровнемер” [5]. В данном уровнемере гарантируется погрешность не более ± 10 мм при полосе радиосигнала около 300 МГц (длительность импульса передатчика 3...4 нс). Очевидно, что потенциальные точностные возможности в уровнемере РЛУ-1 реализуются лучше, чем в уровнемерах фирмы “Вега”, но хуже, чем в уровнемерах фирмы “SAAB TANK CONTROL”.

Приведенные выше приборы функционируют на основе построения классических радиоволновых устройств – радиовысотомера малых высот, либо канала измерения дальности классического радиолокатора. Из теории радиолокации известно, что потенциальная точность измерения дальности, а соответственно и уровня определяется шириной спектра зондирующего сигнала, чем и определена потенциальная точность измерения расстояния, реализованная в уровнемерах фирмы “SAAB TANK CONTROL”.

Предлагаемый способ построения радиоволнового уровнемера, использующего зондирующий сигнал со сложным законом модуляции, основан на условии возбуждения гармонического колебания. Способ основан на измерении диапазона девиации ЛЧМ сигнала ΔF , при котором изменение набега фазы несущего колебания f_0 от раскрыва приемопередающей антенны до измеряемой поверхности и обратно составляет 2π . Периодическое изменение частоты несущего колебания от f_0 до $f_0 + \Delta F$ с периодом T_{Π} обеспечит формирование на выходе балансного смесителя спектральной составляющей на частоте F_{Π} . При точном выполнении условия, когда за счет девиации частоты несущего колебания периодически обеспечивается набег фазы 2π , обеспечивается условие формирования гармонической составляющей только на промежуточной частоте F_{Π} . От точности выполнения данного условия, обеспечивается формирования гармонической составляющей на частоте F_{Π} , без гармонических составляющих nF_{Π} , где $n = 2, 3 \dots \infty$. Способ измерения уровня до поверхности заключается в пошаговом изменении уровня девиации ΔF и контроле за отсутствием 2 и 3-й гармонических составляющих промежуточной частоты F_{Π} . Технический результат заключается в упрощении конструкции уровнемера и в повышении его точности.

Список литературы

1. Способ автоматического контроля уровня жидкости, основанный на отражении от жидкости волн сантиметрового диапазона: патент СССР, 114815, G01F23/284 / Бродский В.Б.; Заявл. 12.10.1957 №584414.
2. «Сертификат утверждения типа средств измерения PN39», уровнемеров радарных RTG2920, RTG2930, RTG2940, RTG2960, изготовленных фирмой “SAAB TANK CONTROL”, Швеция. Зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №13490-92 9 декабря 1992 г.
3. *Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С.* “Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин”. - М.: наука, 1973, с.72, с.150, с.132.
4. “Бесконтактные измерения уровня при высоких температурах”. Журнал “Законодательная и прикладная метрология”, №1, 2001.
5. “Радиолокационный импульсный рециркуляционный уровнемер”. Российская федерация, патент на изобретение №2176382, приоритет от 05.07.2000 г. (авт. Балло А.Г., Самосадко Д.Ф., Козлов А.Р.).