

Влагометрия на основе сверхширокополосной (СШП) технологии

Бумай Ю.А., Васьков О.С., Доманевский Д.С.
Белорусский национальный технический университет

К сверхширокополосным (СШП или UWB в английской аббревиатуре) системам относятся системы, в которых используются сигналы с шириной спектральной полосы ($f_v - f_n$) больше 25% от центральной частоты $(f_v + f_n)/2$ [1]. Здесь f_v и f_n – верхняя и нижняя границы спектральной полосы на уровне –10 дБ. В качестве сигналов в СШП системах наибольшее распространение получили сверхкороткие (субнаносекундные) гауссовы импульсы и радиоимпульсы с частотой повторения $0,1 \div 100$ МГц.

Сверхширокополосные технологии и системы на их основе получили наиболее быстрое распространение в последние 5÷10 лет, когда к их производству стали подключаться основные производители чипов – Intel, Motorola, Siemens и т. д. Интенсивно развивается СШП применение для таких направлений как беспроводные телекоммуникации и связь, микрорадары, системы позиционирования, поиск бескорпусных мин, дистанционная диагностика в медицине, неразрушающий контроль и т.д. Преимущества СШП систем это высокая пропускная способность, низкий уровень мощности СВЧ излучения, экономичность, технологичность, малая стоимость и компактность датчиков.

Вместе с тем, до настоящего времени, СШП технологии не получили широкого развития во влагометрии [2]. Отчасти это связано с отсутствием систематической теории взаимодействия СШП излучения с различными средами и большей экономической привлекательностью таких направлений как мобильная связь и беспроводной Интернет.

К несомненным достоинствам СШП влагометрии (определяемыми широкополосностью сигнала) относятся высокая информативность метода и слабое затухание СШП сигнала в проводящих средах.

Первое важно при исследовании многокомпонентных систем, а второе образцов с высокой влажностью.

На рис.1 представлена блок-схема разработанного СШП влагомера.

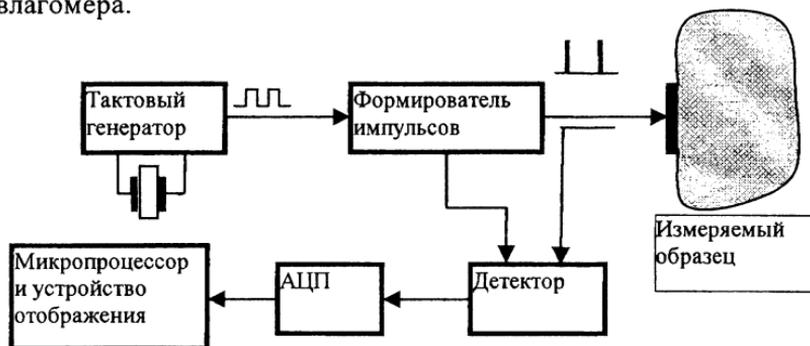


Рис.1. Блок-схема СШП измерителя влажности

Работа влагомера основывается на контроле уровня поглощаемой энергии, зависящей от комплексной диэлектрической проницаемости исследуемого материала и, следовательно, от содержания в нем влаги.

Контролируемый материал вместе с электродом является для импульсного формирователя комплексной нагрузкой. При измерениях схемой вырабатываются последовательности гауссовых импульсов длительностью ~ 1 нс и скважностью более 1000, описываемых гауссовой функцией во временной области:

$$S(t) = A \exp(-t^2/2a^2),$$

где A – амплитуда импульса, a – полуширина импульса на уровне 0,607.

Частотный спектр его мощности описывается выражением: [3]

$$S(f) = \left| (A a \sqrt{2\pi} \exp(a^2 2\pi^2 f^2)) \right|^2.$$

Ширина спектра на уровне -10 дБ составляла более 1 ГГц.

Контрольные измерения проводились на керамической пресспорошке и сахарном сиропе, что позволило охватить широкий диапазон влажностей.

Для измерений жидких материалов использовались планарный, а для порошков - цилиндрический коаксиальные электроды.

Данные, полученные СШП датчиком, сравнивались с данными эталонного (весового) метода и представлены на рис.2.

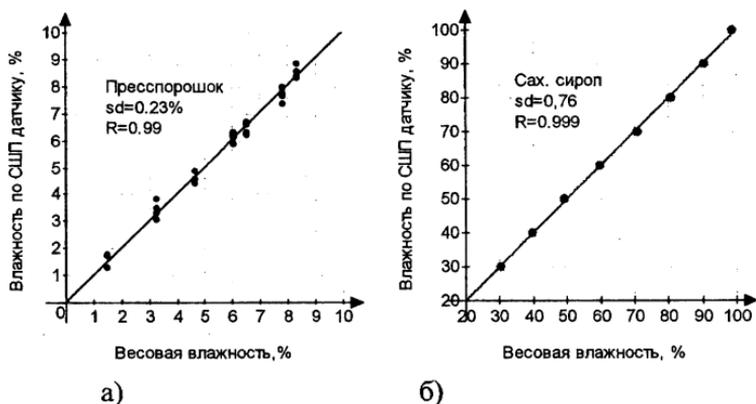


Рис. 2. Оценочные зависимости измеренной влажности от влажности, контролируемой весовым методом: а - для керамического пресспорошка, б – для сахарного сиропа

Соответствие между данными, полученными СШП и весовым методами, определялось через стандартное отклонение sd и коэффициент корреляции R .

Из представленных данных видно, что данные, полученные СШП методом и эталонным (весовым), хорошо коррелируют между собой. Коэффициент корреляции принимает значение более 0,99 для обоих образцов. Стандартное отклонение составляет менее 1% в диапазоне влажностей образцов от 30 до 100% и менее 0,25% в диапазоне влажностей от 1 до 10%.

Литература

1. EDN Magazine, 2000, December 21, p. 85-92.
2. J. Sachs et al. Ultra-WIDEBAND Method applied for Moisture and Liquid Sensing. – Fourth International Conference on “Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances” Weimar, Germany, May 13-16, 2001.
3. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 1986.