

**ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ
 ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ОСНОВЕ
 ОТКРЫТОГО СВЧ-РЕЗОНАТОРА**

**MEASURING INSTRUMENT OF HUMIDITY
 OF LIQUID HYDROCARBONS ON THE BASIS
 OF THE OPEN MICROWAVE RESONATOR**

Аннотация. Рассмотрены СВЧ-методы измерения влажности нефтепродуктов. Показаны возможности резонаторного метода измерения. Представлена возможная схема СВЧ-влажномера на основе резонатора.

Abstract. Microwave methods of measuring humidity of oil products are considered. Possibilities of a resonant method of measurement are shown. The possible scheme of a microwave hydrometer on the basis of the resonator is presented.

Ключевые слова: влажность; диэлектрики; резонатор; СВЧ-методы измерения влажности.

Key words: humidity; dielectrics; resonator; microwave methods measurement of humidity.

Сведения об авторе: Мироненко Виктор Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики.

About the author: Victor Pavlovich Mironenko, Candidate of Engineering, Associate Professor of the Department of Informatics and its Teaching Methodology.

Место работы: Нижневартровский государственный гуманитарный университет.

Place of employment: Nizhnevartovsk State University of Humanities.

Контактная информация: 628611, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11; тел. (3466) 459044.
 E-mail: miron-vp@mail.ru

Использование СВЧ-методов для построения измерителей влажности нефтепродуктов обусловлено несколькими «благоприятными» факторами [4]: если жидкие углеводороды, являясь высокочастотными диэлектриками ($\varepsilon = 1,8—2,7$; $\operatorname{tg} \delta = (0,24—0,42)10^{-2}$), «радио-прозрачны» для сигнала СВЧ-диапазона, то вода — активный поглотитель СВЧ-энергии ($\varepsilon = 49—80$; $\operatorname{tg} \delta = 0,15—1,2$). Именно с этим связано распространённое в СВЧ-влажнометрии построение влагомеров, основанное на измерении поглощений СВЧ-энергии исследуемой средой — методы свободного пространства с использованием проходящей либо отражённой волны [2]. Более информативным представляется резонаторный метод измерения, когда в качестве чувствительного элемента первичного преобразователя влажности используют резонатор. СВЧ-резонатор, помещённый в линию передачи, представляет собой высокочастотный избирательный фильтр, характеризуемый резонансной частотой f_0 и собственной добротностью $Q_0 = f_0 / 2 \Delta f$. При помещении в резонатор диэлектрика происходит изменение его характеристик — и резонансной частоты, и добротности. При этом резонансная частота f_p будет определяться эффективной диэлектрической проницаемостью резонатора $\varepsilon_{\text{эфф}}$ (с учётом наличия диэлектрика), а добротность Q_n — суммарными потерями в резонаторе — $\operatorname{tg} \delta$. Далее остаётся получить зависимости: резонансной частоты f_p от эффективной диэлектрической проницаемости резонатора $\varepsilon_{\text{эфф}}$: $f_p = F(\varepsilon_{\text{эфф}})$ и добротности резонатора Q_n от влажности присутствующего диэлектрика: $Q_n = F(\operatorname{tg} \delta)$, чтобы сделать заключение о возможности измерения состава и влажности заполняющей резонатор диэлектрической среды. Возможная измерительная схема в этом случае может быть представлена линией передачи, нагруженной на согласованную нагрузку, в которую помещён СВЧ-резонатор с исследуемым диэлектриком. В качестве источника СВЧ-сигнала выбран свип-генератор. В этом случае выделяемый резонатором сигнал после детектирования можно наблюдать на экране осциллографа в виде резонансной кривой. Причём амплитуда её будет соответствовать составу диэлектрика (отображая $\varepsilon_{\text{эфф}}$), а ширина резонансной кривой — $2 \Delta f$ — характеризовать влажность заполняющего резонатор диэлектрика. Если в качестве исследуемой среды рассматривать жидкие углеводороды [1], возможно получить устройство для измерения влажности и состава нефтепродуктов. Однако использование в качестве чувствительного элемента преобразователя влажности металлического — «закрытого» —

резонатора создаёт определённые проблемы при измерении в нефтепроводе, так как часть потока, отводимая через резонатор, не будет адекватно отображать состав передаваемого потока (вода не растворяется в нефтепродуктах и не заполняет равномерно передаваемый поток). Дальнейшие исследования показали, что для измерения характеристик нефтепродуктов в потоке более приемлемым в качестве чувствительного элемента является «открытый» — диэлектрический — резонатор [1], характеризующийся наличием внешнего электрического поля. В этом случае резонатор может быть помещён непосредственно в исследуемый нефтяной поток. При этом, помещая несколько резонаторов (например, по периметру нефтепровода), удастся повысить достоверность полученных результатов. Реализация устройства связана с определёнными проблемами: для получения градуировочных кривых требуется однородная среда (суспензия нефть-вода), получение которой проблематично (требуется специальная смесительная установка), в то же время в передаваемом потоке появление компонентов (вода, нефть) в плоскости размещения резонаторов является величиной случайной. Поэтому обозначенные возможности для реализации измерительного устройства требуют дополнительных проработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабко В.Г. Влагометрия жидких углеводородов // Материалы 7-й Всероссийской НТК «Состояние и проблемы измерений». М., 2000.
2. Берлинер М.А. Измерение влажности в диапазоне СВЧ. М., 1973.
3. Ильченко М.Е., Кудинов Е.Ф. Ферритовые и диэлектрические резонаторы СВЧ. Киев, 1973.
4. Мироненко В.П. Об особенностях измерения влажности нефтепродуктов СВЧ-методами // Вестник Нижневартковского государственного гуманитарного университета. 2011. № 3.