

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 530.93.083.633.1

А. А. ДЕМЬЯНОВ  
(Фрязино)

#### АВТОМАТИЧЕСКИЙ САМОПИШУЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МАЛЫХ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЙ НЕФТИ

В настоящее время резко возросли требования к контролю малого количества воды в нефти и нефтепродуктах (до 0,002%  $H_2O$  и менее). Применяемые автоматические влагомеры, основанные на использовании большого различия между действительной частью диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$  воды и исследуемого вещества, не обеспечивают необходимой точности [1]. Повышение их чувствительности следует ожидать при использовании волн миллиметрового диапазона. Это может быть обусловлено более резким возрастанием мнимой части диэлектрической проницаемости  $\epsilon''$  эмульсии вода — нефть по сравнению с действительной при изменении содержания влаги.

Измерение диэлектрических параметров сухой и обводненной нефти, проведенное автором, подтвердило возможность использования волн миллиметрового диапазона для контроля малых влагосодержаний. Действительно, в области миллиметровых длин волны поглощение в воде составляет 20—45 дБ/мм, а в нефти 0,001—0,005 дБ/мм (действительная часть для воды 7—30, а для нефти — 2,0—2,6), т. е. малое увеличение содержания воды резко увеличивает потери в эмульсии. Следовательно, по изменению диэлектрических параметров можно с высокой точностью контролировать содержание влаги. Исследование температурных зависимостей диэлектрических параметров сухой нефти показало, что при создании влагомеров в миллиметровом диапазоне волн необходимо предусмотреть коррекцию по составу (изменяющимся параметрам) и по температуре (влиянию температуры на параметры) сухой нефти. Это обеспечивается использованием двух каналов, в одном из которых находится сухая нефть, а в другом — обводненная.

Установка для измерения малых влагосодержаний может быть реализована на неравновешенном двойном волноводном тройнике (волноводный Т-образный мост). Построение схемы только на волноводных элементах нерационально. Это связано с тем, что размеры волноводов рабочего сечения очень малы, поэтому смена проб и проведение измерений трудоемки и требуют специального навыка. Применение рупорной системы и переход к измерениям в открытом пространстве также связаны с определенными трудностями. В основном это интерференционные явления между рупорами и кюветой с веществом. Большинство известных мер борьбы с ними оказываются малоэффективными, так как при изменении содержания влаги изменяется фазовая постоянная волны в эмульсии вода — нефть, что оказывает существенное влияние на интерференцию. Интерференции можно избежать, используя в качестве кюветы (измерительной ячейки) систему, приведенную на рис. 1. Измерительная ячейка (кювета) представляет собой отрезок трубы из диэлектрика 4 (тефлона, полистирола). Отрезок трубы 4 с помощью муфтовых соединений крепится к трубопроводу 5, по которому осуществляется перекачка контролируемого продукта. В стенках трубы 4 имеются окна 3, в которые вставлены диэлектрические волноводы 2. Волноводы 2 расположены с противоположных сторон оси трубопровода и играют роль возбуждителя и приемника СВЧ-колебаний. К заостренным концам диэлектрических волноводов 2 подсоединены волноводы рабочего

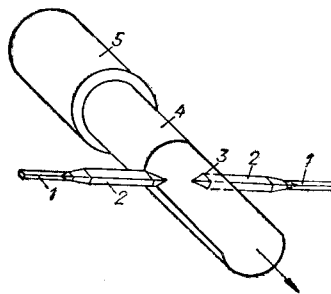


Рис. 1.

сечения 1. Конструкция опорной ячейки и ее подключение в схему измерений аналогичны (рис. 2). Как показано в [2], такого рода система позволяет избегать интерференционных явлений между возбуждателем и приемником при относительно малых потерях (около 5 дБ) в среде между ними. Для избежания резонансных явлений между торцами трубы из диэлектрика 4 необходимо, чтобы затухание на расстоянии от окна 3 до торца трубы 4 при известных параметрах сухой нефти.

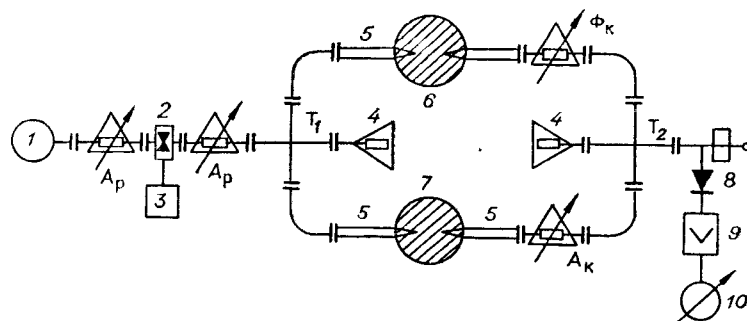


Рис. 2.

Используя в качестве основного измерительного узла ячейку, приведенную на рис. 1, на базе волноводного Т-образного моста разработана установка для автоматического измерения малых влагосодержаний нефти и нефтепродуктов (см. рис. 2). Установка состоит из генератора миллиметровых волн 1, двух волноводных тройников  $T_1$  и  $T_2$ , двух плеч — измерительного и опорного, системы регистрации результатов измерения, содержащей: детекторную секцию 8, измерительный усилитель 9 и самопишущий прибор 10.

Система работает следующим образом. СВЧ-энергия, возбуждаемая генератором 1, модулируется с помощью германиевой пластины 2, закрепленной между фланцами волновода рабочего сечения. Генератор и пластина согласованы с волноводным трактом с помощью развязывающих аттенуаторов  $A_p$  (4 — согласованная нагрузка). Частота и глубина модуляции задаются с помощью звукового генератора 4. Промодулированный сигнал разделяется Т-образным мостом ( $T_1$ ) на два плеча: опорное и измерительное. С помощью диэлектрических волноводов 5 осуществляется подвод и регистрация СВЧ-мощности, поступающей на измерительную 6 и опорную 7 ячейки. Затем сигналы сравниваются на Т-образном мосту ( $T_2$ ). При изготовлении системы неизбежны неточности, поэтому для согласования плеч предусмотрены компенсационные аттенуатор  $A_k$  и фазовращатель  $\Phi_k$ . Сигнал рассогласования детектируется, усиливается и регистрируется самопишущим прибором.

Если в обоих плечах сухая нефть одного месторождения, то система находится в равновесии (последнее достигается с помощью  $A_k$  и  $\Phi_k$ ). При появлении следов влаги в измерительной ячейке 6 выходит из равновесия мост  $T_2$ . Продетектированный сигнал неравновесия записывается самопишущим прибором, шкала которого проградуирована в процентах влагосодержания.

Коррекция результатов измерения влагосодержания по изменяющимся параметрам сухой нефти и температуре осуществляется с помощью опорной ячейки 7, в которой поддерживается та же температура, что и в потоке жидкости, проходящей через измерительную ячейку. Действительно, если в обоих плечах находится нефть одного месторождения при одинаковых температурных условиях, то их полные сопротивления равны и система находится в равновесии, а при появлении следов влаги в измерительной ячейке 6 наступает неравновесие. Для получения градуировочной кривой необходимо заполнить опорную ячейку тщательно обезвоженной нефтью. Добавляя в нефть известное количество воды и фиксируя показания самопишущего прибора, получаем градуировочную кривую. При этом следует отметить, что прибор не требует дополнительной градуировки при измерении влагосодержания нефти различных месторождений.

Как показано в [4], содержание солей оказывает существенное влияние на электропроводность, а не на диэлектрические потери, поэтому измерение влагосодержания не зависит от содержания солей в воде.

Измерения, проведенные в диапазоне миллиметровых волн, показали, что при уменьшении длины волны до  $\lambda = 2,0 \div 8,0$  мм оказывается возможным определять содержание воды в нефти порядка 0,002—0,01%.

Автор выражает благодарность А. Б. Догадкину и В. В. Мериакри за помощь в работе и полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Берлинер. Электрические измерения, автоматический контроль и регулирование влажности. М., «Энергия», 1965.
2. В. Ф. Взятыйшев. Диэлектрические волноводы. М., «Советское радио», 1969.
3. Ю. Н. Казанцев. О характеристиках газовой-диэлектрических резонаторов.— Сб. докладов совещания по теории и применению диэлектрических волноводов. М., МЭИ, 1969.
4. А. Деревянко, О. Д. Куриленко. Про критичну частоту дисперсії гетерогенної системи.— Доповіді АН УРСР, Серія Б, Геологія, геофізика, хімія та біологія, 1969, № 10.

*Поступила в редакцию  
8 июля 1969 г.,  
окончательный вариант —  
29 декабря 1969 г.*

УДК 681.335.5(088.8)

**М. Ф. ЗАРИПОВ, М. А. УРАКСЕЕВ**  
(Ташкент)

### БЕСКОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО С ШИРОКИМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В информационно-измерительных системах для контроля и управления сложными технологическими процессами широко используются счетно-решающие устройства, позволяющие реализовать различные математические зависимости, в том числе умножение, деление, воспроизведение функций и т. д. Важное место среди них занимают электромеханические счетно-решающие устройства, выполненные на базе контактных потенциометров [1]. Однако наличие скользящих контактов снижает их надежность, что и привело к разработке ряда бесконтактных электромеханических счетно-решающих устройств [2—4].

Авторами разработаны бесконтактные устройства с широкими функциональными возможностями [5, 6], выполненные на базе преобразователей с распределенными электромагнитными параметрами. Выходная э. д. с. этих устройств связана различными функциональными зависимостями с координатами подвижных сердечников (при разнообразных законах изменения контуров плоских обмоток).

Одна из конструкций таких устройств приведена на рис. 1. Магнитопровод устройства состоит из двух длинных боковых ферромагнитных стержней 1 и 2, между кото-

рыми расположен третий длинный прямоугольный ферромагнитный стержень 3, перпендикулярный к плоскостям двух первых. По обе стороны от среднего стержня по направляющим пазам в боковых стержнях перемещаются два одинаковых ферромагнитных сердечника: верхний 4 и нижний 5. Средний стержень образует большой воздушный зазор  $\delta_1$  с верхним сердечником, а малый зазор  $\delta_2$  с нижним. На верхней поверхности среднего стержня нанесена плоская обмотка возбуждения 6, ширина которой изменяется вдоль длины стержня по закону  $Y_1 = f_v(X)$ . Обмотка возбуждения подключена к источнику стабилизированного переменного тока. На нижней поверхности среднего стержня нанесена плоская измерительная обмотка 7, ширина которой изменяется вдоль длины стержня по закону  $Y_2 = f_n(X)$ .

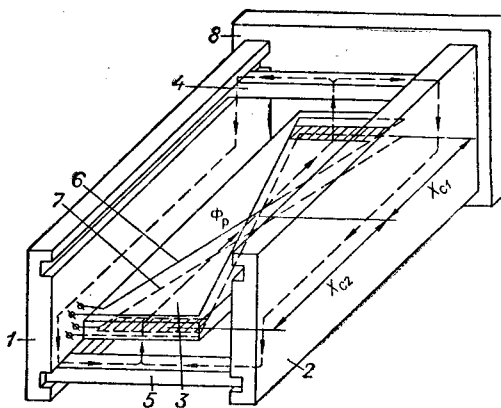


Рис. 1.