

СУЧАСНІ НВЧ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ГАЗУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано існуючі засоби вимірювання вологості природного газу на основі НВЧ методів.

Ключові слова: природний газ, вологість, НВЧ.

Abstract

In this work analyzed existing means of measuring the natural gas humidity based on the microwave method.

Keywords: natural gas, humidity, microwave.

Вступ

Однією з найважливіших задач при транспортуванні природного газу є оцінка його якості, зокрема за показником вологості. Під поняттям «якість природного газу» розуміють відповідність його складу певним значенням його основних характеристик, таких як теплотворна здатність, вміст вологи та наявність корозійно-активних компонентів (сірководень, вуглекислий газ і т. і.).

Природний газ, що видобувається зі свердловин, проходить обов'язкову підготовку перед транспортуванням кінцевому споживачу. Це пов'язано з тим, що природний (або попутний нафтовий) газ, будучи складною сумішшю різних вуглеводневих компонентів, містить крім них різні домішки, що роблять істотний вплив на процес транспортування газу по магістральних трубопроводах. Найбільш значимими є домішки води, наявність якої неприпустима з багатьох причин. Водяна пара збільшують вартість перекачування, погіршує якість кінцевого продукту, приводять до прискорення корозії трубопроводу. Але ж найсерйознішим результатом є гідратуутворення, яке відбувається за певних умов транспортування. В результаті зменшується пропускна спроможність газопроводу (до повної закупорки), ушкоджуються фільтри, крани, компресори. Утворення гідратних пробок в трубопроводах вважається вельми серйозною аварією, ліквідація якої є надзвичайно дорогим заходом. Вартість ліквідації тільки однієї крупної гідратної пробки навіть в місці, доступному для пересування транспортних засобів, може скласти декілька десятків тисяч доларів.

Умови транспортування не потребують повного видалення вологи з природного газу, а вимагають лише підтримки необхідної температури точки роси вологи та вуглеводнів, що не переводить газ, при зниженні його температури, з ненасиченого стану в насичений, при якому можливе виділення конденсованої фази з його складу. Для попередження цих процесів необхідно точно прогнозувати та визначати теплові та гідравлічні режими газопроводів, оптимальні температури точки роси вологи та вуглеводнів природного газу, що транспортується [1 - 4].

Сучасні дослідження відомих науковців показують необхідність впровадження нових науково-обґрунтованих методів та засобів для визначення фазових переходів, ідентифікації процесів конденсації компонентів природного газу і, що є найголовнішим, вологи разом з утворенням кристалічних сполук за умови її наявності у вільному стані.

Оскільки існуючі засоби вимірювання вологості природного газу внаслідок низького рівня достовірності результатів втрачає свою доцільність, невисока швидкість вимірювання та неможливість інтеграції цих засобів в загальну систему. На підприємствах газової промисловості України на сьогодні є актуальним питання засобів вимірювання, здатних визначати одночасно декілька показників якості, а саме: температура точки роси, компонентів газу та температура початку утворення кристалогідратів, криги.

Отже, необхідність та важливість нових методів та засобів для точного та швидкого визначення вологості природного газу зумовили вибір теми дослідження. Створення нової сучасної системи вимірювання показників якості природного газу, забезпечення точного, швидкого та достовірного визначення вологості з урахуванням домішок в його складі. Тому тема дослідження є актуальною.

Результати дослідження

Прилади амплітудно-фазові на відображення. Внутрішній стан об'єкта контролю визначається по впливу середовища на сигнал, відбитий від дефекту або поверхні зразка. Принципова схема методу наведено на рис. 1.

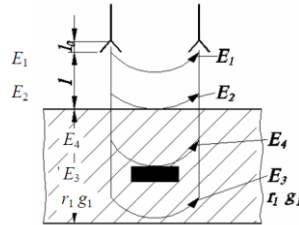


Рис. 1 Принципова схема утворення сигналу в амплітудно-фазових приладах, що працюють за схемою «на відображення»:

l_0 - Довжина рупора; l – відстань від зрізу рупора до поверхні; h – товщина зразка; E_1 – сигнал зв'язку приймальної та випромінюючої антен; E_2 – сигнал, відбитий від першого кордону; E_3 – сигнал, відбитий від другого кордону; E_4 - сигнал, відбитий від дефекту

Основою методу є одностороннє розташування приймальної та випромінюючої антен. Існують дві блок-схеми приладів, працюючих за методом «на відображення» (рис. 2).

Принцип роботи таких схем ось у чому. Енергія НВЧ клітронного генератора 2 через вентиль 3 подається на випромінюючу антену 5. Відбитий сигнал (зазвичай сума всіх відбитих сигналів) потрапляє або на ту саму антену (рис. 2, а) і за допомогою відповідних хвильоводних елементів подається на детектор 6, або в іншу приймальну антену 5 (рис. 2, б), детектується, обробляється та подається на індикаторний прилад 7.

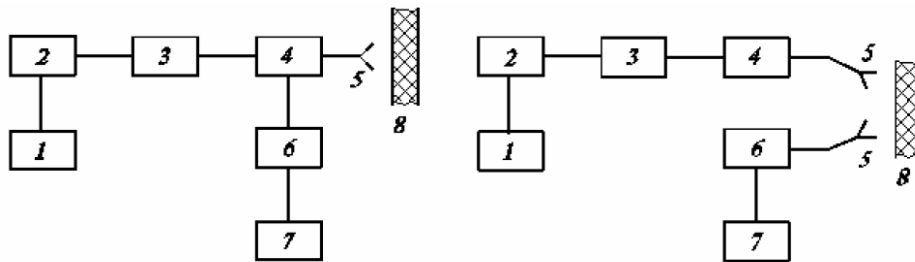


Рис. 2 Блок-схема амплітудно-фазових приладів працюючих «на відображення»:

а – однозондовий варіант; б - двоантений варіант: 1 - блок живлення; 2 – джерело енергії НВЧ; 3 – елемент, що розв'язує; 4 – вузол поділу випромінюваного та прийнятого сигналу (подвійний хвильовий трійник, спрямований відгалужувач, щілинний міст тощо); 5 – випромінююча (приймальна) антена; 6 – детектор; 7 – індикаторний прилад; 8 – об'єкт контролю.

Основною особливістю приладів є існування зв'язку між випромінювальною та приймальною антенами (E_1), що визначається конструктивним оформленням антен. В однозондовому варіанті зв'язок існує за рахунок влучення частини потужності генератора в детекторну секцію за внутрішнім хвильовим трактом.

У двозондовому варіанті зв'язок спостерігається за рахунок попадань частини випромінюваної потужності в приймальну антену.

Конструктивний зв'язок є по суті опорним сигналом, з яким підсумовується відбитий сигнал. Для різних завдань цей зв'язок може бути корисним і заважає. Так, для виділення сигналу від дефекту компоненти сигналу повинні бути виключені. У цьому випадку виявленість дефекту залежить тільки від чутливості приймача, і на показання приладу не впливає на зміну відстані від зразка до антени. У разі наявності всіх компонентів сигналу форма сигналу від відстані носить яскраво виражений інтерференційний характер, який залежить від співвідношення між амплітудою та фазою сигналів відбитого та зв'язку. Відбитий сигнал залежить від структури випромінюваного поля, властивостей контрольованого зразка та від відстані l .

Відмінність електромагнітних властивостей дефектної області від бездефектної є причиною зміни амплітуди і фази відбитого сигналу. Це призводить до зміни виду інтерференційної кривої. Можливість реєстрації дефекту заснована на існуванні різниці інтенсивностей ΔI при заданому положенні антени (при даній відстані між поверхнею зразка та антеною). Слід мати на увазі, що в точках, що відповідають точкам перетину двох інтерференційних кривих, неможливо виявити дефект, тобто. можуть бути зони невиявлення. Їхня ширина Δl визначається тим мінімальним значенням сигналу, який може бути зафіксований системою реєстрації.

Амплітудний метод контролю заснований на реєстрації інтенсивності, що пройшли через виріб або відбитих від нього мікрорадіохвиль. Вимірюваними величинами при амплітудному методі контролю є коефіцієнти проходження та відображення, показник загасання. Ці коефіцієнти зв'язані з діелектричною проникністю та товщиною стінки контрольованого виробу.

Прилади амплітудно-фазові на проходження. В цьому випадку внутрішній стан об'єкта контролю визначається впливом середовища на сигнал, що пройшов через зразок. Принципова схема методу наведено на рис. 3. Основою методу є наявність двох антен (приймальної та випромінюючої), що знаходяться по різні сторони об'єкта контролю і, як правило, співвісні між собою.

В основному існують дві принципові блок-схеми приладів, у яких застосовано метод «на проходження» (рис. 4) [5,6].

Принцип роботи схеми, в якій усі елементи позначені суцільною лінією полягає в наступному. Енергія НВЧ від клістроного генератора 2 подається через вентиль 3 в хвилевід і атенуатор 4 до випромінюючого рупора 5. Енергія проходить через зразок 10 приймається приймальною антеною 6 і через вимірювальний атенуатор потрапляє на детектор 7, після чого сигнал посилюється і подається на індикаторний пристрій 8.

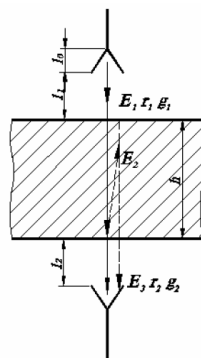


Рис. 3 Принципова схема утворення сигналу у схемі «на проходження»:

l_0 - Довжина рупора; l_1 – відстань від краю випромінюючого рупора до першої поверхні; l_2 – відстань від другої поверхні до приймального рупора; h – товщина контрольованого виробу; $r_{1,2}$ - коефіцієнт відображення від першої та другої кордонів; $g_{1,2}$ – коефіцієнт прозорості першої та другої меж; E_1 – випромінювана хвиля; E_2 – хвиля у зразку; E_3 - хвиля, що приймається.

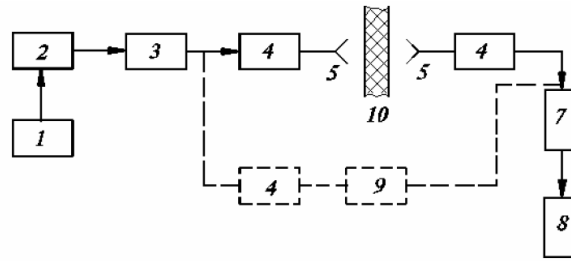


Рис. 4 Блок-схема амплітудно-фазових приладів, що працюють за схемою «на проходження»:
 1 – блок живлення; 2 – джерело енергії НВЧ; 3 – елемент, що розв'язує (Феритовий вентиль); 4 – атенуатор; 5 – випромінююча антена; 6 – приймальна антена; 7 – детектор; 8 – блок обробки інформації; 9 – фазообертач; 10 – об'єкт контролю.

Така схема дозволяє проводити контроль властивостей матеріалу за величиною згасання енергії НВЧ зразку, що відраховується за шкалою атенуатора, за допомогою якого величина індикаторного сигналу пристрої підтримується на постійному рівні [7 – 9].

Для більшості практичних випадків потужність сигналу, що приймається, можна визначати по формулі:

$$P = \frac{P_0 S}{2\pi} g_1^2 g_2^2 \left(\frac{1}{(l+h)^2} + \frac{r_1^2 r_2^2}{(l+3h)^2} - \frac{2r_1 r_2}{(l+h)(l+3h)} \cos 2K_2 h \right) \quad (1)$$

де P_0 - випромінювана потужність; $l = l_1 + l_2 + l_3$; $K_2 = 2\pi/\lambda_{\text{діел}}$ - хвильове число у зразку; r_1, r_2, g_1, g_2 - коефіцієнти відображення та проходження.

Схему, в якій частина елементів відзначена пунктиром, часто називають інтерферометром з відкритим плечем. У цій схемі минулий сигнал порівнюється по амплітуді та фазі з опорним, що подається через атенуатор 4 і фазообертач 9. Така схема має більш високу інформативну ємність, ніж перша, але в ряді випадків, коли об'єкт контролю має великі розміри, її важко здійснити.

Щоб виключити вплив перевідбиття, необхідно узгодити межі розділу з приймальною та випромінюючою антенами, тобто виключити появу стоячої хвилі [5, 10].

Висновки

Проаналізовано методи вимірювання вологості газу та впливу НВЧ випромінювання на газове середовище, в якому проводиться контроль властивостей матеріалу за величиною згасання енергії НВЧ зразку, при цьому оцінюються зміни діелектричних властивостей газів при їх взаємодії з хвилями НВЧ діапазону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. С.В. Лозинський, В. О. Бакастов, І.А. Гордієнко, Як виміряти вологість природного газу, Нафтова та газова промисловість, №5, с. 60-63, 1998.
2. О. І. Бакуменко. «Нові розробки у галузі визначення температури точки роси природного газу», Трубопровідний транспорт, № 4 (94), с. 16-26. 2015.
3. Кошкин Н. И. Справочник по элементарной физике / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М. : Изд-во «Наука», 1972. – 256 с.
4. C.Y. Lee, G.B. Lee, Humidity sensors: a review, Sens. Lett. 3 (2005) 1–15.
5. Z.M. Rittersma, Humidity sensor, Encycl. Sens. 4 (2006) 481–509.
6. Farahani, H., Wagiran, R. & Hamidon, M. N. Humidity sensors principle, mechanism, and fabrication technologies: a comprehensive review. Sensors 14, 7881–7939 (2014).
7. Chen, Z. & Lu, C. Humidity sensors: a review of materials and mechanisms. Sensor Letters 3, 274–295 (2005).
8. Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев, Электротехнические материалы, Энергоатомиздат, с. 384 1985.

9. Й. Й. Білинський, В. В. Онушко, Метод і оптико-електронний засіб вимірювального вимірювання вологості природного газу, Вінниця : ВНТУ, с. 132 2014.

10. М. Н. Мухитдинов, Э. С Мусаев, Оптические методы и устройства контроля влажности, Энергоатомиздат, с. 96, 1986

16. Karbou, F., P. Bauer, A. Geer, and W. Bell. Exploitation of microwave sounder/imager data over land surfaces in the presence of clouds and precipitation. EUMETSAT Hydrology SAF visiting scientist report, available <http://hsaf.meteoam.it/documents/reference/VS-37-ECMWF-Karbou-final-report.pdf>.

Йосип Йосипович Білинський – доктор техн.наук, проф. кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; e-mail: yosyp.bilynsky@gmail.com

Віталій Валерійович Красносельський – аспірант кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: wommerses@gmail.com

Bilynsky Yosyp Y. — Doctor of Technical Sciences, Prof. Department of Physics, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia; Email: yosyp.bilynsky@gmail.com

Vitalii Krasnosielskyi – postgraduate the Department of Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wommerses@gmail.com