

НВЧ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено математичну модель мікрохвильового вимірювального перетворювача на основі хвильового методу вимірювання вологості природного газу за допомогою біжучої хвилі. Запропоновано структурну схему вимірювального перетворювача вологості природного газу.

Ключові слова: математична модель, мікрохвильовий вимірювальний перетворювач, вологість, природний газ.

Abstract

The mathematical model of the microwave measuring converter based on the waveguide method of measuring the humidity of natural gas by using a traveling wave is developed. The structural scheme of the measuring transducer of the moisture meter of natural gas is proposed. The output magnitude of the converter of the microwave measuring transducer, based on the passage of the electromagnetic wave through the waveguide in a free medium, serves as a relaxation by changing the dielectric constant of the wet gas.

Keywords: mathematical model, microwave measuring converter, humidity, natural gas.

Однією з найважливіших задач при транспортуванні природного газу є оцінка його якості, зокрема за показником вологості. Умови транспортування не потребують повного видалення вологи з природного газу, а вимагають лише підтримки необхідної температури точки роси вологи та вуглеводнів, а отже його постійного вимірювального контролю. Таким чином контроль точки роси по волозі є найважливішим технічним і технологічним фактором, що визначає безперерйне транспортування природного газу [1].

Аналіз вітчизняних і зарубіжних розробок показує, що за останнє десятиліття найбільше поширення знайшли гігрометри, засновані на діелькометричному методі. У НВЧ вимірювальному перетворювачі вологості природного газу, який запропонований в роботі, використовується саме діелектричний метод, оснований на ефекті біжучої хвилі, в якому оцінюються зміни діелектричних властивостей газів при їх взаємодії з радіохвилями сантиметрового діапазону. Вимірювання зводяться до визначення комплексного коефіцієнта передачі ділянки прямої системи, заповненої досліджуванним матеріалом коефіцієнта поглинання як функції вологовмісту.

Потужність випромінювання в хвильоводі згасає за законом [2]:

$$P = P_0 \cdot e^{-\alpha \cdot l}, \quad (1)$$

де P_0 – вхідна потужність, що поширюється по хвильоводу; l – довжина проходження НВЧ сигналу в досліджуваному середовищі; α – загальний коефіцієнт поглинання, що визначається як $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, де α_1 – коефіцієнти поглинання по водяній парі газу, відповідно.

Коефіцієнт поглинання по водяній парі можна визначити як

$$\alpha_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{p \cdot 273,2}{760 \cdot T} \cdot (\sqrt{E_2'^2 + E_2''^2} - E_2'')}, \quad (2)$$

де $E_1' = \varepsilon_0' - 1$, $E_1'' = \varepsilon_0'' - 1$, де ε_0' , ε_0'' – дійсна і уявна складові комплексної діелектричної проникності водяної пари $\varepsilon^* = \varepsilon_0' - j\varepsilon_0''$ [3].

Аналогічно для газу:

$$\alpha_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{p \cdot 273,2}{760 \cdot T} \cdot (\sqrt{E_2'^2 + E_2''^2} - E_2'')}. \quad (3)$$

Проведені дослідження математичної моделі дозволили розробити НВЧ вимірювальний перетворювач вологості природного газу, структурна схема якого наведена на рис. 1.

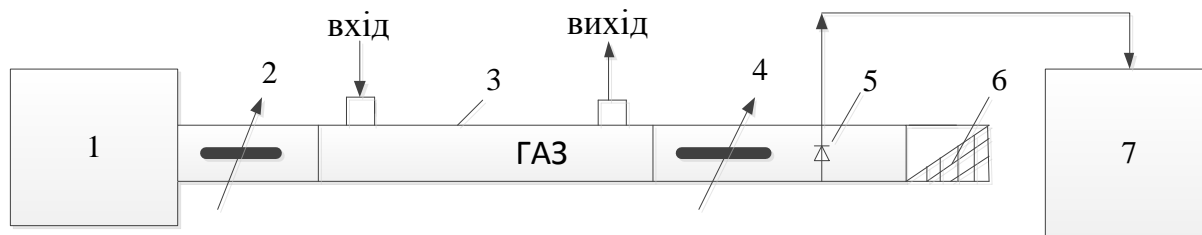


Рис. 2 – Структурна схема вимірювального перетворювача вологості газу

НВЧ генератор 1 випромінює електромагнітну енергію з довжиною хвилі $\lambda = 3$ см. Ця електромагнітна енергія потрапляє на атенюатор 2, з якого надходить на вимірювальну кювету 3. Через вхідний штуцер (вхід) в вимірювальну кювету 3, що представляє собою стандартний 3 см хвилевід, закачується досліджуваний газ. Електромагнітна енергія проходить через шар досліджуваного газу в хвилеводі, послаблюється в залежності від кількості води, що міститься в природному газі, і надходить на атенюатор 4. З атенюатора 4 вона потрапляє на високочастотний діод 5, який перетворює електромагнітну енергію в постійний струм, що змінюється в залежності від величини діелектричної проникності досліджуваного газу в даний період часу. Проходячи діодну секцію 5, електромагнітна хвиля поглинається узгодженим навантаженням 6. Високочастотний діод 5 випрямляє високочастотний струм, що надходить на нього, величина якого фіксується зовнішнім індикаторним пристроєм 7.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 5542-87 Газ горючий природный для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. Госстандарт России (01.01.1988). М.: ИПК Издательство стандартов, 2000 ; 2004. М. А.
2. Берлинер, *Измерения влажности*. М.: Энергия, 1973, 400 с.
3. Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах / Брандт А.А. – М.: Физматгиз, 1963. – 404 с.

Новицький Дмитро Володимирович — аспірант кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail yosyp.bilynsky@gmail.com.

Науковий керівник: **Білинський Йосип Йосипович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail yosyp.bilynsky@gmail.com.

Novitsky Dmitry V. — post-graduate student of the Chair of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail yosyp.bilynsky@gmail.com.

Supervisor: **Bilynsky Josyp J.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail yosyp.bilynsky@gmail.com.