

УДК 681.2.083

М.П. ВАСИЛЕНКО, Ю.О. СКРИПНИК

Київський національний університет технологій та дизайну

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У роботі наведено варіант конструкції системи, яка дозволяє одночасно вимірювати температуру та вологість речовини або матеріалу за допомогою однієї вимірювальної схеми і одного чутливого елемента за параметрами шумових сигналів досліджуваного об'єкта і дозволяє підвищити достовірність контролю в порівнянні з існуючими методами.

Ключові слова: вимірюванні температури, вимірювання вологості, теплові шуми.

У зволоженому матеріалі або речовині, як відомо, завжди присутні елементарні заряджені частинки (вільні електрони, іони, дірки). при нагріванні матеріалу або речовини збільшується швидкість руху цих часток і виникає електричний тепловий шум, інтенсивність якого зростає зі збільшенням температури. Зі збільшенням вологості змінюється електричний опір середовища, в якому генерується тепловий шум. А це призводить також до зміни інтенсивності теплового шуму. Тому по інтенсивності теплового шуму можна судити як про температуру контрольованого матеріалу так і про електричний опір, а відповідно і про його вологість [1].

На основі відомих приладів [2; 3] була створена схема для контролю тепловологісного стану речовин і матеріалів, схема якої представлена на рис. 1.

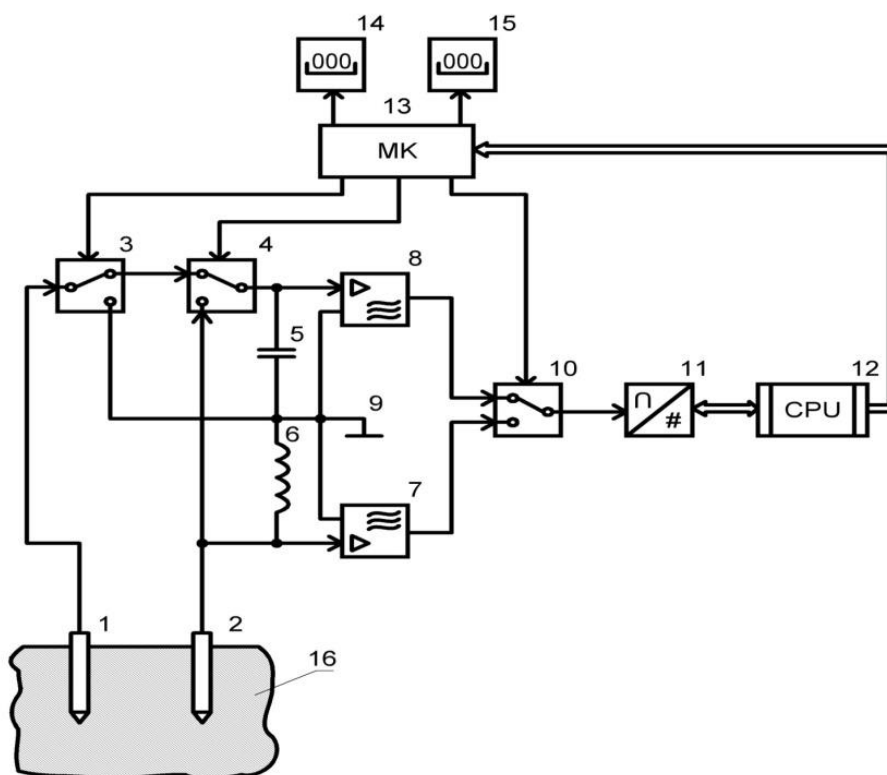


Рис. 1. Система контролю тепловологісного стану речовин і матеріалів

Електроди 1 і 2 розміщуються у контрольованому середовищі. Вхід автоматичного перемикача 3 з'єднаний з електродом 1. Один його вихід з'єднаний з одним з входів автоматичного перемикача 4, інший вихід з'єднаний з точкою з'єднання конденсатора 5 і котушки індуктивності 6 резонансного ланцюга. Інший вхід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з електродом системи 2, кінцем котушки індуктивності 6 і високопотенціальним входом ширококутового підсилювача 7. Вихід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з конденсатором 5 і високопотенціальним входом ширококутового підсилювача 8. Низькопотенціальні входи ширококутових підсилювачів 7 і 8 з'єднані з загальною шиною 9 виміральної схеми. Виходи ширококутових підсилювачів 7 і 8 з'єднані з входами автоматичного перемикача 10, вихід якого через аналогово-цифровий перетворювач 11 підключений до входу сигнального процесора 12, вихід якого з'єднаний з входом мікроконтролера 13. Логічні входи мікроконтролера 13 з'єднані з керуючими входами автоматичних перемикачів 3, 4 і 10, а до цифрових входів мікроконтролера 13 підключені індикатор вологості 14 і індикатор температури 15.

Позицією 16 позначене контрольоване середовище.

Електродами системи 1 і 2 знімаються електричні шумові сигнали, які генеруються у досліджуваному середовищі через теплові флуктуації носіїв електричних зарядів (електронів та іонів). Шумові сигнали через автоматичні перемикачі 3 і 4 надходять на резонансний ланцюг з конденсатора 5 і котушки індуктивності 6. По програмі, записаній у мікроконтролері 13, автоматичні перемикачі 3 і 4 спочатку устанавлюються у верхнє за кресленням положення. При цьому електроди системи 1 і 2 опиняються підключеними до послідовного коливального контура з конденсатора 5 і котушки індуктивності 6. Резонансна частота коливального контура визначається параметрами ланцюга:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (1)$$

де C – ємність конденсатора 5;

L – індуктивність котушки 6.

На резонансній частоті f_0 має місце рівність реактивних опорів резонансного ланцюга:

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}. \quad (2)$$

Рівність (2) означає режим короткого замикання генеруючого середовища, при якому шумовий струм визначається тільки внутрішнім активним опором цього середовища. Згідно з формулою Найквіста, середньоквадратичне значення шумового струму короткого замикання визначається температурою і опором цього середовища:

$$N_4 = \frac{N_4'}{T_x} T_x. \quad (3)$$

де k – постійна Больцмана;

T_x – температура ґрунту;

Δf – смуга частот теплових шумів, що виділяються резонансним ланцюгом;

R_x – опір ґрунту між електродами системи 1 і 2.

Падіння напруг на конденсаторі 5 і котушці індуктивності 6 від шумового струму (3) визначається струмом короткого замикання:

$$U_{u1} = \frac{I_u}{2\pi f_0 C} \quad (4)$$

$$U_{u2} = 2\pi f_0 L I_u. \quad (5)$$

Шумові падіння напруг (4) і (5) підсилюються широкосмуговими підсилювачами 7 і 8 і через автоматичний перемикач 10 почергово надходять на аналогово-цифровий перетворювач 11, де перетворюються у цифрову форму. Одночасно з інформативними шумовими напругами (4) і (5) підсилюються і перетворюються у цифрові сигнали і власні шуми підсилювачів 7 і 8. Суміш шумових сигналів в цифровій формі надходить в сигнальний процесор 12, в якому згідно з програмою сигнали, які надходять почергово, перемножуються і усереднюються за алгоритмом кореляційної обробки. При перемноженні шумових сигналів слід врахувати, що широкосмугові шуми незалежних підсилювачів 7 і 8 між собою некорельовані. В той же час шумові напруги (4) і (5) корельовані між собою, оскільки генеруються одним джерелом (середовищем 16). В результаті усереднення добутку шумових напруг (4) і (5) сигнальним процесором 12 формується цифровий код

$$N_1 = \frac{K_1 K_2 \frac{L}{C} I_u^2}{q}, \quad (6)$$

де K_1 – коефіцієнт підсилення широкосмугового підсилювача 7;

K_2 – коефіцієнт підсилення широкосмугового підсилювача 8;

q – одиниця молодшого розряду аналогово-цифрового перетворювача 11.

Вплив некорельованих шумів в результаті усереднення їх добутку усувається. Частоту переключення автоматичного перемикача 10 від мікроконтролера 13 встановлюють у 5–10 разів меншою за резонансну частоту f_0 . Код N_1 переноситься у пам'ять мікроконтролера 13.

Далі за програмою мікроконтролера 13 автоматичні перемикачі 3 і 4 переводяться у нижнє за кресленням положення. При цьому ланцюг з конденсатора 5 і котушки індуктивності 6 трансформується у паралельний коливальний контур, підключений до електродів системи 1 і 2. Оскільки паралельний коливальний контур має більший опір у порівнянні з опором контрольованого середовища, то джерело теплових шумів починає працювати практично в режимі холостого ходу. Середньоквадратичне значення шумової напруги на контурі 5 і 6 досягає значення холостого ходу

$$U_u = \sqrt{4kT_x \Delta f R_x}, \quad (7)$$

де Δf – смуга частот теплового шуму, виділена коливальним контуром;

R_x – опір ґрунту;

T_x – температура середовища.

Шумова напруга (7) підсилюється широкосмуговими підсилювачами 7 і 8 і разом з власними шумами підсилювачів перетворюється у цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача 11. В результаті перемноження цифрових сигналів і їх усереднення в сигнальному процесорі 12 формується значення другого коду

$$N_2 = \frac{K_1 K_2 U_w^2}{q}. \quad (8)$$

Код (8) також переноситься в пам'ять мікроконтролера 13.

В процесорі мікроконтролера 13 спочатку у відповідності до програми виконується обчислювальна операція, в результаті якої формується код

$$N_3 = \sqrt{\frac{N_2}{N_1}}. \quad (9)$$

Підставляючи в (9) значення кодів з (6) і (8) з врахуванням шумового струму (3) і шумової напруги (7), отримаємо результуючий код

$$N_3 = \sqrt{\frac{L}{C}} R_x, \quad (10)$$

значення якого не залежить від температури середовища T_x .

Опір середовища R_x (10) пов'язаний з його вологістю W логарифмічним співвідношенням, яке відтворюється калібрувальною кривою, записаною у пам'яті мікроконтролера 13 у вигляді таблиці кодів (опір - вологість). У відповідності з кодом опору (10) визначається вологість W контрольованого ґрунту 16, значення якої виводиться на індикатор 14.

Далі у відповідності з програмою виконується обчислювальна операція

$$N_4 = \sqrt{N_1 N_2}. \quad (11)$$

Підставивши у вираз (11) значення кодів 6 і 8 з врахуванням шумової напруги (7) і шумового струму (3), одержимо результуючий код

$$N_4 = \frac{4kK_1K_2\Delta fT_x}{q}. \quad (12)$$

З (12) випливає, що код N_4 пропорційний температурі T_x контрольованого середовища 16 і не залежить від її опору R_x . В мікроконтролері 13, куди переноситься код (12), обчислюється температура T_x , значення якої виводиться на індикатор 15.

Для виключення впливу непостійності параметрів вимірювальної схеми ($K_1, K_2, \Delta f, C$ и L) на результат контролю проводиться калібрування в середовищі з відомими вологістю і температурою.

Представимо код N_3 у вигляді

$$N_3 = \alpha R_x, \quad (13)$$

а код N_4 у вигляді

$$N_4 = \beta T_x, \quad (14)$$

де

$$\alpha = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \beta = \frac{4kK_1K_2\Delta f}{q}.$$

За результатами вимірювань в калібрувальному середовищі маємо значення калібрувальних кодів:

$$N'_3 = \alpha R'_x, \quad (15)$$

$$N'_4 = \beta T'_x, \quad (16)$$

де R'_x і T'_x – відомий опір контрольованого середовища і його температура.

Підставивши значення α і β зі співвідношень (15) і (16) в результат поточного контролю, отримуємо:

$$N_3 = \frac{N'_3}{R'_x} R_x, \quad (17)$$

$$N_4 = \frac{N'_4}{T'_x} T_x. \quad (18)$$

Калібрувальні значення кодів N'_3 , N'_4 , опору R'_x і температури T'_x зберігаються в пам'яті мікроконтролера 13.

Таким чином, запропонована система контролю дозволяє одночасно вимірювати два параметри контрольованого середовища - вологість і температуру від одного джерела інформації (теплових шумів середовища). При цьому забезпечується незалежність результатів вимірювання, а саме вологості від температури середовища і температури від опору (вологості) середовища. Для зняття інформації використовуються лише два електроди-штирі, занурені у контрольоване середовище. Зміною глибини занурення можна отримати інформацію про температуру і вологість ґрунту на різній глибині. Відсутність зондуючого струму від зовнішнього джерела через досліджуване середовище виключає неминуче підсушування ґрунту і локальне підвищення його температури. цифрове представлення результатів вимірювання дозволяє легко організувати дистанційний контроль за станом ґрунту з будь-яким фізико-хімічним складом.

Запропонована система буде корисною також для контролю тепловологісного стану вибухових і пожежонебезпечних речовин, через відсутність будь-яких іскор і локальних нагрівів у досліджуваному середовищі. Вона також буде корисною для контролю лікарських засобів, оскільки не викликає електрохімічного розкладання речовини зондуємим електричним струмом, який необхідний у більшості систем контролю опору і вологості.

Список використаної літератури

1. Саватеев А.В. Шумовая термометрия. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – С. 63-68.
2. Патент України №19249, МПК G01N27/00, Термошумовий вологомір, Скрипник Ю.О., Курко В.Р., Холоденко В.М., 2006 р.

3. Патент України №33804, МПК G01D7/00, Пристрій для вимірювання параметрів високоомних об'єктів, Скрипник Ю.О., Каламєєць Т.П., Іванченко О.В., 2008 р.

Стаття надійшла до редакції / Article received: 21.04.2013

Интегрированная система контроля параметров окружающей среды

Василенко М.П., Скрипник Ю.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В работе приведен вариант конструкции системы, которая позволяет одновременно измерять температуру и влажность вещества или материала с помощью одной измерительной схемы и одного чувствительного элемента по параметрам шумовых сигналов исследуемого объекта и позволяет повысить достоверность контроля по сравнению с существующими методами.

Ключевые слова: измерении температуры, измерения влажности, тепловые шумы.

Integrated control system parameters environment

M. Vasilenko, Y. Skrypnyk

Kyiv National University of Technologies & Design

In this paper the variant design system that allows you to simultaneously measure temperature and humidity substance or material by using one of the measuring system and a sensor signal noise parameters of the object and can improve the control accuracy compared to existing methods.

Keywords: temperature measurement, humidity measurement, thermal noise.