

**ODESSA NATIONAL ACADEMY  
OF FOOD TECHNOLOGIES**

**IX ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
INFORMATION TECHNOLOGY AND  
AUTOMATION – 2016**

**Proceedings**

Odessa  
October 11-14  
2016

## CONTENTS

АЛЕКСАШИН О.В., ШЕВЧЕНКО К.Л., ГОРКУН В.В., НАСАДИК Х.І.....	3
SHVEC V.V.....	5
NESTERENKO S., STANOVSKA T., STANOVSKYI A., DADERKO A. ....	6
PROKOPOVICH I., DUKHANINA M., DOBROVOLSKAYA V., NADERI BAKHER.....	7
STANOVSKYI O., SHVETS P., BONDARENKO V., TOROPENKO O., ABU SHENA OSA- MA, WALID HUSSAIN .....	8
FOSHCH T. ....	10
KIVA I.L., ALEKSASHIN A.V. ....	12
SAVELYEVA O., BEREZOVSKAYA E., MONOVA D., HEBLOV I. ....	14
MATICO F. D., ROMAN V. I., FEDORYSHYN R. M., PISTUN Y. P. ....	16
KOROTYNSKYI A., ZHUCHENKO O. ....	18
FEDORYSHYN R., SAVYTSKYI V., KLYOS S. ....	20
PALAGIN O.V., QASEM A.M., TKACHENKO O.M., KASIM M.M.....	22
BORIS V.V., ZHYGAILO O.M. ....	25
HEREGA A., KPYVCHENKO Y. ....	26
KHOBIN V.A., LEVINSKYI M.V. ....	27
DASCHENKO O., STANOVSKYI O., KHOMIAK Y., NAUMENKO E. ....	29
PELYKH S.N., ODREHOVSKA E.A., MAKSYMOVA O.B. ....	31
SIUMACHENKO D. M. ....	32
ЧАЙКОВСЬКА Є.Є., МАТВІЧКО Н.О.....	33
SHEIKUS A.R., LEVCHUK I.L., TRISHKIN V.YA., GYRENKO A.O. ....	35
TITLOVA O. ....	37
YEHOROV V., HABUIEV K., KUCHERENKO N. ....	39
YEHOROV V., PUTNIKOV D. ....	41
YEHOROV V., IHNATIEV S., SLUTSKYI D. ....	42
DROBIK E., TITLOVA O. ....	44
БЕЛОУС Н.В., КРАСОВ А. И. ....	46
VOLKOV V., POPOV A. ....	48
LOBODA Y. G. ....	50
ORLOVA O.U. ....	52
YEHOROV V., GOLUBKOV P.S., SHIPKO A.I. ....	53
ДМИТРИЕНКО В.Д., ЛЕОНОВ С.Ю. ....	55

## ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНОПРОДУКТІВ ШУМОВИМ МЕТОДОМ

*Показана можливість вимірювання температури зернових продуктів з використанням їх власного теплового випромінювання. Запропоновані функціональна схема та алгоритм вимірювання, які забезпечують виключення впливу зміни опору досліджуваного об'єкту при коливаннях вологості та мінімізацію неідентичності підсилювальних елементів схеми.*

Відомо, що важливим аспектом зберігання зернопродуктів є контроль температури в заповненій частині зерносховища. Використовувані для цього перетворювачі (терморезистори, термомпари та ін.) як правило надають можливість лише вибіркового точкового контролю. Для отримання картини просторового об'ємного розподілу температури необхідно використовувати велику кількість перетворювачів, що викликає проблеми їх розташування, зменшує надійність системи контролю. В таких умовах доцільним є використання термошумових методів вимірювання, які забезпечують можливість об'ємного контролю температури та знаходять широке застосування в техніці і науці. Однією з головних переваг шумового вимірювання температури є відсутність датчиків, що перетворюють температуру у електричний сигнал [1]. При шумових вимірюваннях визначають середньоквадратичне значення (СКЗ) напруги теплового шуму, яке пропорційне термодинамічній температурі досліджуваного об'єкта.

Основна проблема використання шумових методів полягає у залежності результатів вимірювання від електричного опору об'єкта, наслідком чого є відносно невисока точність вимірювання. Опір зернових продуктів, як відомо, суттєво залежить від їх вологості.

Для виключення впливу опору в алгоритм роботи вимірювача вводять додаткові операції обробки сигналів [2, 3], однак, повністю компенсувати похибку в процесі вимірювання неможливо, а неідентичність характеристик перетворювачів обумовлює додаткову похибку вимірювання. Авторами запропоновано функціональну схему та алгоритм роботи шумового вимірювача температури зернових продуктів, в якому усунуті перераховані вище недоліки. Електрична функціональна схема шумового вимірювача температури наведена на рис. 1.

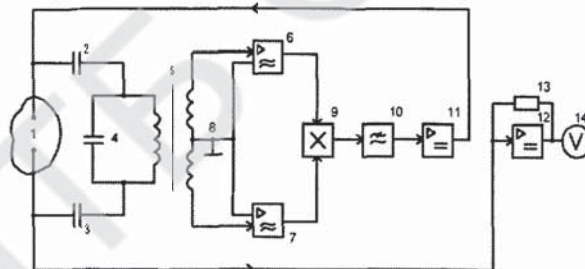


Рис. 1. Електрична функціональна схема шумового вимірювача температури зернопродуктів.

Зерно, температуру якого потрібно вимірювати, умовно показане позицією 1. Схема складається з роздільних конденсаторів 2 і 3, конденсатора 4, трансформатора 5, широкопasmових підсилювачів 6 і 7, загальної шини 8, перемножувача 9, фільтра нижніх частот 10, підсилювача постійної напруги 11, операційного підсилювача 12, постійного резистора 13 і вольтметра 14.

В об'єкті контролю 1, з температурою  $T_x$ , завжди присутній тепловий шум, викликаний флуктуаціями елементарних носіїв електричного заряду. Спектр теплового шуму досить широкий: від низьких до високих частот. Однак, напруга на резонансному контурі з конденсатора 4 і індуктивності трансформатора 5 визначається тільки тими коливаннями, які потрапляють в смугу пропускання цього контуру. Резонансну частоту паралельного коливального контуру обирають в діапазоні частот 100 - 300 кГц, в якому відсутні низькочастотні шуми типу фліккер-шуму, а високочастотні електромагнітні наводки ще невеликі.

За високої добротності еквівалентний опір коливального контуру набагато більший за опір об'єкта 1. Тому СКЗ шумової напруги визначається формулою Найквіста:

$$\bar{U}_1 = \sqrt{4kT_x \Delta f R_0}, \quad (1)$$

де  $k$  - постійна Больцмана;  $\Delta f$  - смуга частот спектру теплових шумів, що виділяються коливальним контуром;  $R_0$  - опір провідного об'єкта.

Шумова напруга (1) трансформується у вторинну обмотку трансформатора 5 і далі підсилюється широкосмуговими підсилювачами 6 і 7. Підсилені середньоквадратичні напруги з урахуванням власних шумів підсилювачів набувають вигляду:

$$\bar{U}_2 = \sqrt{4K_1^2 K_2^2 \bar{U}_1^2 + \bar{U}_{ш2}^2}, \quad (2)$$

$$\bar{U}_3 = \sqrt{4K_1^2 K_3^2 \bar{U}_1^2 + \bar{U}_{ш3}^2}, \quad (3)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт трансформації трансформатора 5;  $K_2$  і  $K_3$ ,  $\bar{U}_{ш2}$  і  $\bar{U}_{ш3}$  — коефіцієнти підсилення підсилювачів 6 і 7 та СКЗ їх власних шумів відповідно.

При перемноженні напруг (2) і (3) слід врахувати, що власні шуми підсилювачів 6 і 7, які мають широку смугу пропускання, між собою некорельовані, тому їх усереднений добуток дорівнює нулю. В той же час шумові напруги від об'єкта 1, отримані на обмотках трансформатора 5, залишаються корельованими. В результаті середній квадрат шумової напруги на виході перемножувача визначається тільки тепловими шумами зернопродукту:

$$U_4^2 = K_1^2 K_2 K_3 S U_1^2, \quad (4)$$

де  $S$  — крутість перетворення перемножувача 9.

Напругу (4) усереднюють фільтром нижніх частот 10, виділену постійну складову подають на вхід підсилювача постійної напруги 11. Підсилену напругу через досліджуваний об'єкт подають на підсилювач 12, охоплений від'ємним зворотним зв'язком через резистор 13 з опором  $R$ .

При послідовному включенні операційного підсилювача 12 з досліджуванним об'єктом його коефіцієнт підсилення  $K_6$  визначається виразом:

$$K_6 = R/R_0.$$

Напруга (4), після підсилення набуває вигляду

$$U_6 = 4kK_1^2 K_2 K_3 K_4 K_5 S \Delta f R T_x. \quad (5)$$

Як видно з виразу (5), в результаті підсилення в функції перетворення відбулося заміщення опору досліджуваного об'єкта  $R_0$  опором постійного резистора  $R$  ланцюга зворотного зв'язку підсилювача 12. В результаті виключається вплив опору  $R_0$  зернопродукту, а відповідно, і його вологості, на результат перетворення температури  $T_x$  на постійну напругу  $U_6$ , яка вимірюється вольтметром 14.

Завдяки використанню підсилювачів 6 і 7 з широкою смугою пропускання усереднений добуток власних шумів підсилювачів прагне до нуля, що забезпечує вимірювання температур при низькоінтенсивному тепловому шумі зернопродукту. Необхідне обмеження смуги частот теплового шуму, що виділяється, здійснюється резонансним контуром, що виключає кореляцію власних шумів підсилювачів.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Я. Т. Луцик, *Енциклопедія термометрії*, Я. Т. Луцик, Л. К. Буняк, Ю. К. Рудавський, and Б. У. Стадник, Eds. Львів: Львівська політехніка, 2003, p. 428.
- [2] А. В. Саватеев, *Шумовая термометрия*. Ленинград: нергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987, p. 132.
- [3] Ю. О. Скрипник, О. А. Лісовський, and М. П. Василенко, "Шумовий спосіб вимірювання температури," *Патент України №70940*, 2012.