

ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 536.51:534.8

ДОСЛІДНА УСТАВА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ

О Залуцька Тетяна, Луцик Ярослав, Ліхновський Ігор, Озгович Андрій, 2008

Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна

ivt@polynet.lviv.ua

Запропонований дослідний комплекс для дослідження характеристик матеріалів для створення чутливих елементів ультразвукових термометрів.

Предложен опытный комплекс для исследования характеристик материалов для создания чувствительных элементов ультразвуковых термометров.

Offered experimental complex for research of descriptions of materials for creation of sensible elements of ultrasonic thermometers.

Вступ. Для вимірювання та контролю температури – одного з найважливіших параметрів низки об’єктів і технологічних процесів, а також для наукових досліджень необхідні все точніші та надійніші засоби. Широка номенклатура засобів вимірювання температури, що сьогодні серійно випускаються як в Україні та за кордоном, не повністю відповідає комплексу вимог, що висувають наука та промисловість. Тому увага дослідників спрямована на розвиток нових напрямків термометрії, таких, як ультразвукова термометрія. Під час досліджень експериментальних зразків ультразвукових термометрів було виявлено, що такі характеристики, як чутливість, діапазон вимірюваних температур, стабільність, ресурс тощо залежать передовсім від властивостей матеріалу чутливого елемента термометра. Чутливий елемент ультразвукового імпульсного термометра – це саме та ланка, яка забезпечує високі метрологічні характеристики засобу вимірювання. Але відсутність достатньої кількості інформації про температурні залежності пружних властивостей твердих матеріалів сьогодні вимагає додаткових досліджень як температурної залежності, так і стабільності характеристик матеріалів при високих температурах. Актуальність дослідження характеристик матеріалів для створення чутливих елементів викликана потребою удосконалення сучасних ультразвукових термометрів для вимірювання температури в діапазоні від 0 °С до 1000 °С та пошуку альтернативи термометрам на основі висококартисних шляхетних металів, зокрема платини.

Постановка задачі. Залежність швидкості поширення ультразвукових коливань у матеріалі від температури є “візитною карткою” матеріалу, яка дає змогу робити висновок про можливості його застосування для виготовлення чутливого елемента ультразвукового термометра.

Температурна залежність швидкості поширення ультразвукового сигналу лежить в основі ультразвукових імпульсних термометрів, у яких чутливим елементом є відрізок тонкого стрижня [1]. Для вимірювання температури необхідно прецизійно вимірювати час проходження ультразвукового сигналу через чутливий елемент і далі отримані значення часового інтервалу перетворити на значення температури.

Для вимірювання часу проходження ультразвукового сигналу необхідно вирішувати питання, пов’язані з селекцією робочих луна-імпульсів і формуванням часових міжімпульсних інтервалів, для чого застосовувались спеціальні схемні рішення [2]. Аналіз чинників, що впливають на похибку вимірювання температури ультразвуковим імпульсним термометром [3], показав, що велика кількість елементів для формування часового інтервалу, а також наявність імпульсних випадкових завад в околі робочого імпульсу призводить до перезапуску приладу у режим повторного пошуку робочих імпульсів, що значно збільшує час вимірювання. Якщо імпульсна завада повторюється, то вимірювання може взагалі не відбутися. Тому нами запропоновано оцифрувати

ультразвуковий сигнал із застосуванням швидкодійного АЦП. Ідея такого вимірювання часового інтервалу полягає в обчисленні моменту переходу сигналу через нуль [4].

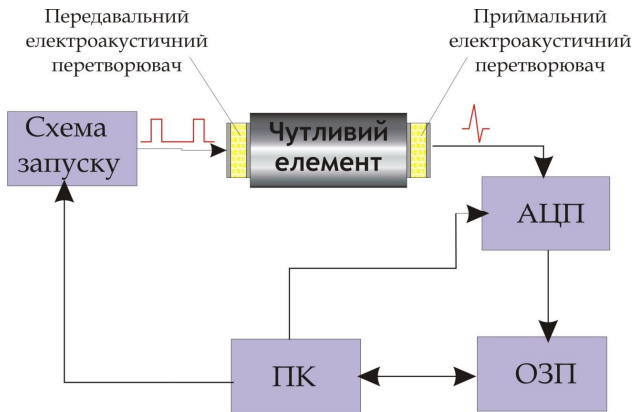


Рис. 1. Структурна схема блока вимірювання часового інтервалу проходження ультразвукового сигналу.

АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій; СКС – схема керування синхронізацією; ЦРС – центральний процесор; ПК – персональний комп'ютер

На рис. 1 зображена структурна схема блока вимірювання часового інтервалу, в якій реалізується запропонований метод вимірювання часового інтервалу. Робота блока вимірювання відбувається за таким алгоритмом: схема запуску формує електричний сигнал, який надходить на передавач (магнетострикційний перетворювач), в якому електричний сигнал перетворюється на акустичний. Останній проходить по чутливому елементу до магнетострикційного приймача сигналу.

Тут акустичний сигнал перетворюється на електричний і надходить на вхід швидкодійного аналого-цифрового перетворювача. Далі сигнал надходить в ОЗП і після заповнення пам'яті – на центральний процесор. За точний збіг моменту запуску і початку запису результатів в ОЗП відповідає схема керування синхронізацією, тобто генератор видає сигнал і в той самий момент часу АЦП починає відлік і результати записуються в ОЗП.

У схемі використаний АЦП AD9071, нумерація виводів та структурна схема якого подані на рис. 2 [5]. Основні характеристики: кількість розрядів – 10; час перетворення – 10 нс (100 МГц); діапазон вхідної напруги – $-0.513\text{ В} - +0.512\text{ В}$; вбудований пристрій вибірки і зберігання; вбудоване джерело опорної

напруги; паралельний інтерфейс, сумісний з TTL/CMOS; напруга живлення – 5 В. Призначення виводів: AIN – вхідна напруга; D0 - D9 – цифрові виходи; ENCODE – вхід тактового сигналу; VREF OUT – вихід внутрішнього джерела опорної напруги, VREF IN – вхід опорної напруги, OR – вихід перевантаження. При кожному тактовому імпульсі на цифрові D0 - D9 виходи видається код, який відповідає вхідній напрузі. Максимальна частота тактових імпульсів – 100 МГц.

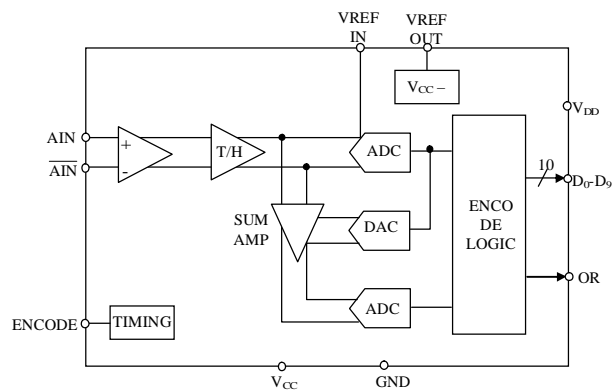


Рис. 2. Структурна схема та нумерація виводів AD9071

АЦП з частотою 100 МГц кожних 10 нс видає 9 бітів інформації, а процесор не здатний опрацювати таку кількість інформації, тому необхідно застосувати буфер для зберігання результатів вимірювання. Для цього використовується швидкодійний запам'ятовуючий пристрій CY7C433 [6]. Основні характеристики: організація пам'яті FIFO; об'єм пам'яті 4 Кбайт; тривалість запису $>20\text{ нс}$; цифрові виходи сумісні з TTL/CMOS; напруга живлення 5 В. Призначення виводів: D0 – D8 – виходи запису інформації; Q0 – Q8 – виходи зчитування інформації; W – вхід, імпульс запису даних; R – вхід, сигнал зчитування даних; MR – вхід, скид внутрішнього лічильника адрес; FF – вихід, сигнал заповнення пам'яті; EF – вихід, сигнал – пам'ять порожня; XI, FL/RT, XO/HF – використовуються для каскадування мікросхем пам'яті.

FIFO пам'ять організована за принципом: перший зайшов – перший вийшов. Для цього типу пам'яті відсутня адресація комірок. Перед початком запису масиву даних внутрішній лічильник адрес скидається сигналом MR. Запис здійснюється сигналом W. Після запису автоматично лічильник адрес збільшується на одну адресу. Після запису в останню комірку пам'яті

видається сигнал FF. Зчитування відбувається аналогічно. Сигналом MR скидається внутрішній лічильник адрес, сигналом R відбувається зчитування даних і збільшення адреси, після зчитування останньої

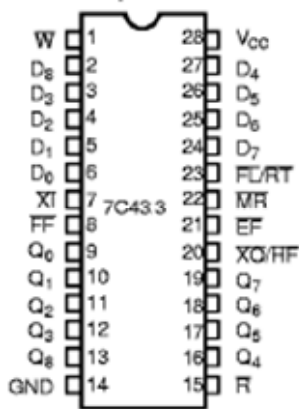


Рис. 3. Нумерація виводів 7C433

комірки пам'яті встановлюється сигнал EF. Для запису і зчитування передбачено дві різні шини даних. Це значно спрощує використання мікросхеми пам'яті, оскільки не потребує додаткового мультиплексування шини даних між передавачем (АЦП) і приймачем (мікроконтролер) інформації. У схемі для запису інформації у пам'ять використовується сигнал тактування АЦП.

Комплекс дослідження матеріалів. Структурна схема створеного дослідного комплексу зображена на рис. 4. До його складу входять: СЗ – схема запуску, на якій формується електричний сигнал; ЕП – електропіч СУОЛ-1200А, на якій встановлюється необхідна температура для досліджень; БВ – блок вимірювання часового інтервалу проходження ультразвукового сигналу; ПБТ – прилад вимірювання температури; ПК – персональний комп'ютер.

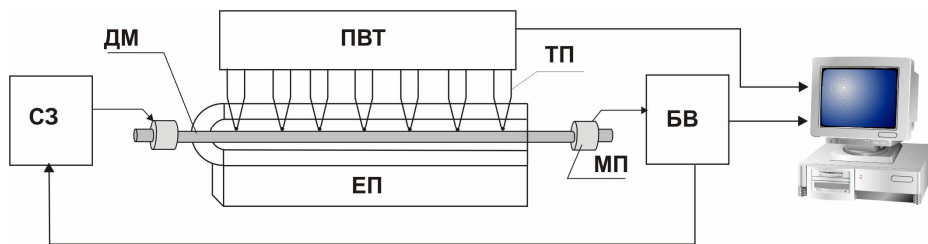


Рис. 4. Структурна схема дослідного комплексу

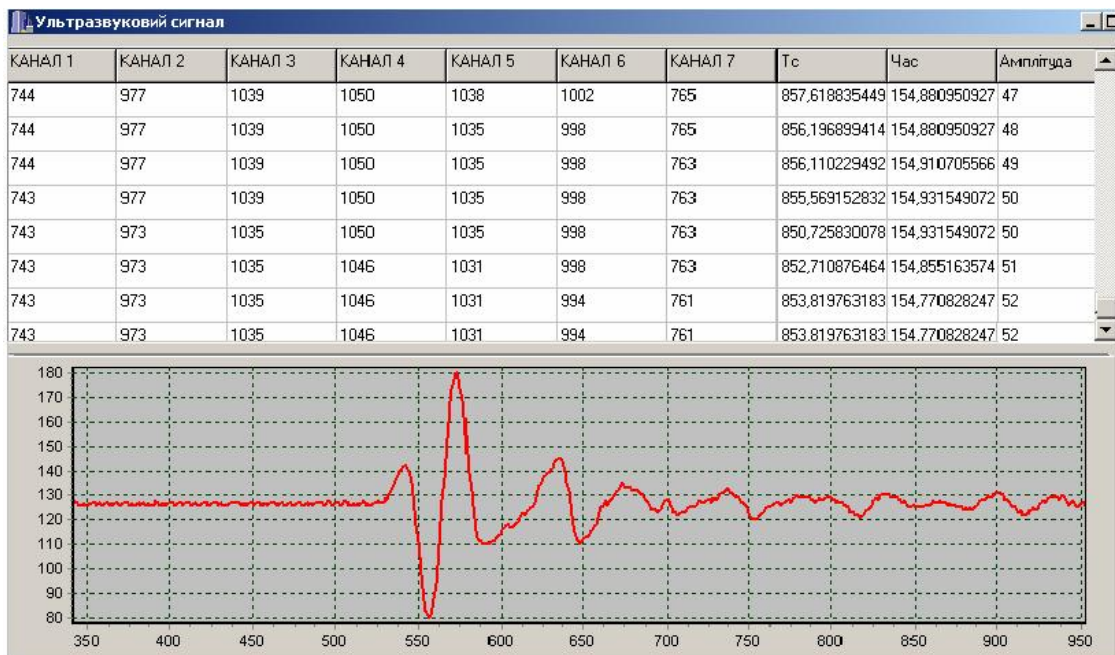


Рис. 5. Інтерфейс програми для динамічного відображення ультразвукового сигналу

Принцип роботи комплексу такий: в електропечі розташовують чутливий елемент, на кінцях якого закріплені магнітострикційні перетворювачі. Результати вимірювання часу проходження ультразвукового сигналу передаються на ПК. Часовий міжімпульсний інтервал є функцією усередненого значення температури вздовж вимірювальної зони чутливого елемента, тому для контролю застосовують термоелектричні перетворювачі, розташовані з певним кроком вздовж чутливого елемента. Термоелектричні перетворювачі під'єднуються до 7-канального вимірювача температури ПКРТ-0198, з якого результати надходять до ПК. Для оброблення і візуалізації отриманої інформації створена програма, яка дає можливість в динамічному режимі відображати ультразвуковий сигнал і результати вимірювань.

На рис. 5 показаний інтерфейс програми, створеної для візуалізації отриманої інформації. Оцифрований ультразвуковий сигнал показаний на графіку суцільною лінією. У таблиці вище від відграфіка відображаються значення результатів вимірювання. В колонках з заголовками КАНАЛ 1...КАНАЛ 7 відображаються покази термоелектричних перетворювачів. Для визначення середньої температури в печі дані у кожному рядку у шести колонках апроксимувались поліномом 4 степеня та усереднювались. У колонці під заголовком Tс відображалось значення усередненої температури електропечі.

Часовий інтервал проходження ультразвукового сигналу та амплітуда сигналу відображаються у колонках ЧАС та АМПЛІТУДА відповідно. Всі значення, подані у таблиці, зберігаються у файлі, що дає змогу надалі будувати графіки температурної залежності швидкості проходження ультразвукового сигналу, а також графіки впливу температури на згасання сигналу у матеріалі.

Висновки. Створений комплекс для дослідження матеріалів ультразвукової термометрії з такими характеристиками і можливостями.

Характеристики:

1. Температура вимірювання 0...+1000 °С.
2. Максимальна амплітуда вхідного сигналу $\pm 5V$.
3. Тривалість вимірювання 80 мс.
4. Час перетворення 20 нс.
5. Об'єм пам'яті 4 Кбайт.
6. Затримка перед початком вимірювання 50, 100, 150, 200, 250 мс.

Можливості:

1. Візуалізація ультразвукового сигналу та визначення його амплітуди.
2. Медіанна фільтрація цифрового сигналу.
3. Алгоритм визначення моменту переходу ультразвукового сигналу через нуль, що дає змогу збільшити точність вимірювання часового інтервалу.
4. Обчислення часу проходження УЗ сигналу крізь чутливий елемент.
5. Візуалізація температурного профілю у печі.
6. Обчислення середнього значення температури вздовж чутливого елемента.
7. Збереження у файлі отриманих даних: часу проходження УЗ сигналу, амплітуди, середньої температури.

На основі збережених даних можливо побудувати графік залежності швидкості проходження УЗ сигналу від температури та залежності амплітуди сигналу від температури (згасання сигналу).

1. Луцик Я.Т., Буняк Л.К., Рудавський Ю.К., Стадник Б.І. *Енциклопедія термометрії.* – Львів, 2003. – С.121–123.
2. Луцик Я., Буняк Л., Стадник Б. *Застосування ультразвукових сенсорів.* – Львів, 1998.
3. Луцик Я.Т., Дорожовець М.М., Лихновський І.С. *Погрешности импульсных ультразвуковых термометров // Измерительная техника.* – 1992. - №6. – С.37–38.
4. Залуцька Т.М., Лихновський І.С., Озгович А.І., Луцик Я.Т. *Підвищення точності вимірювання та завадостійкості ультразвукового імпульсного термометра // Вісник НУ "Львівська політехніка".* – 2005. – №530. – С.121–123.
5. <http://www.datasheetlist.com/datasheet-shortcut/A31.html>.
6. <http://www.e12.physik.tu-muenchen.de/~mboehmer/ipuprint/cy7c419.pdf>.