

С.И. Сасько. Применение кремниевых фотодиодов для альфа-спектрометрии и измерения бета- и нейтронных потоков // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск “Колісні та гусеничні машини спеціального призначення.” – Харків : НТУ “ХПІ”. – 2003. – № 28. – с. 72-75.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Chernyavs'kyj, I.Y., V.V. Marushhenko and I.M. Marty nyuk. Vijs' kova dozy metriya. Pidruchny'k. Kharkov: FVP NTU “XPI”, 2011. Print.* 2. *Safjannikov, N.M. and A.A. Kutuan. “Spektrometr-dozimetr”:* Pat. 2366977 RU, G01T1 / 24, G01T1 / 16, G01T1 / 02 – 2008109434 / 28 Zajavl. 11.03.2008 ; Opubl. 10.09.2009. 3. *Jurovskij, A.V. “Sposob registracii nejtronov”:* Pat. 2091814 RU, G01T3 / 08 – 95100444 / 25 Zajavl. 11.01.1995 ; Opubl. 27.09.1997. 4. *Bojko, A.V., et al. “Opredelenie osnovnyh izmeritel'nyh parametrov shirokodiapazonnyh dozimetrov-radiometrov nejtronov i fotonov (SNIP)”.* Jader. izmerit.-inf. tehnol. № 3. 2002. 48 – 55. Print. 5. *Olejnik, S.G., O.V. Maslov and M.V. Maksimov “Spektrometricheskie izmerenija v poljah gamma-izlucheniya vysokoj intensivnosti pri obrashhenii s RAO vysokoj aktivnosti”.* 8 Rossijskaja nauchnaja konferencija “Radiacionnaja zashhita i radiacionnaja bezopasnost' v jadernyh tehnologijah”, Obninsk: GNC RFFJel, 2002. 322-324. Print. 6. Company Amptek “Products”. Company Amptek, 1977. Web. 7 April 2014 <<http://www.amptek.com>>. 7. ОАО “Институт физико-технических проблем” “Производство и услуги”. Открытое акционерное общество “Институт Физико-Технических Проблем Федерального Агентства по атомной энергии”, 1992. Web. 7 April 2014 <<http://iftp.ru/>>. 8. *Bedenko, L.B., et al. “Spektrometr gamma-vy'prominyuvannya na bazi telury' d kadmiyevy' x detektoriv”.* Zbim'y'k naukovy'x prac' “Sy'stemy' obrobky' informaciyi”. Kharkov: XUPS, 2005. 45 vols. 5<sup>th</sup>. 214-219. Print. 9. *Abramov, A.I., Ju.A. Kazanskij and E.S. Matusevich Osnovy jeksperimental'nyh metodov jademoj fiziki. Moscow: Atomizdat, 1970. Print.* 10. *Grigor'ev, A.N., et al. “Primenenie kremnievyh fotodiodov dlja al'fa spektrometrii i izmerenija beta- i nejtronnyh potokov”.* Visny'k NTU “XPI”. Zbim'y'k naukovy'x prac' . Tematy'chny'j vy'pusk “Koliski ta guseny'chni mashy'ny' special'nogo pry'znachennya.” Kharkov: NTU “XPI”, № 28. 2003. 72-75. Print.

*Надійшло (received) 07.05.2014*

УДК 620.179.14

**А. Г. ПРОТАСОВ**, докт. пед. наук, доц., НТУУ «КПІ»,Київ;

**К. М. СЕРИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ»,Київ;

**О. Л. ДУГІН**, аспірант, НТУУ «КПІ»,Київ;

**В. Ф. ПЕТРИК**, канд. техн. наук, доц, НТУУ «КПІ»,Київ

## **ВИХРОСТРУМОВИЙ ДЕФЕКТОСКОП З ТЕЛЕМЕТРИЧНИМ КАНАЛОМ ЗВ'ЯЗКУ**

В роботі запропоновано схему дефектоскопа для вихрострумового неруйнівного контролю, який має телеметричний канал зв'язку з пристроєм обробки і відображення інформації. Створений дефектоскоп має малу вагу і розміри, що дозволяє використовувати

© А. Г. Протасов, К. М. Серий, О. Л. Дугін, В. Ф. Петрик, 2014

його для контролю складних конструкцій. Телеметричний канал зв'язку здійснює обмін даними за рахунок бездротової технології **Bluetooth**, що дає можливість залучати для обробки цих даних потужну обчислювану техніку. Іл.: 4. Бібліогр.: 4 наз.

**Ключові слова:** вихрострумний дефектоскоп, телеметричний канал зв'язку.

**Вступ.** Вихрострумний неруйнівний контроль є одним з найбільш розповсюджених видів контролю виробів з електропровідних матеріалів. Використання нових матеріалів, а також розширення номенклатури об'єктів контролю вимагають постійного розвитку і удосконалення методів і засобів цього виду контролю.

На сьогодні існуюча проблема - це контроль об'єктів з важкодоступними для оператора ділянками, а також організація автоматизованих систем контролю, які не потребували б присутності оператора безпосередньо біля об'єкту. Вирішення цієї проблеми лежить у площині просторового розділу перетворюючої частини системи і блоку обробки сигналів та індикації результатів контролю, тобто у створенні системи контролю з бездротовим способом передачі даних.

**Аналіз останніх досліджень.** До існуючих сьогодні технологій бездротової передачі даних відноситься персональна мережа бездротового зв'язку на нижчому рівні ієрархії пристроїв WPAN (Wireless Personal Area Networks), яка є одним із стандартів для організації бездротових мереж передачі даних. Вона уявляє собою систему обміну даних з обмеженим ресурсом дії для невеликої відстані (3-60 м). Мережа використовується як для об'єднання окремих пристроїв, так і для зв'язку з мережами більш високого рівня. Ці пристрої створюють канали передачі даних у діапазоні частот від 400 МГц до 2,4 ГГц. В найбільш розповсюдженому діапазоні 2,4 ГГц широкого розповсюдження получили технологии Wifi, Bluetooth и Zigbee. Каждая из этих технологий имеет собственные уникальные характеристики, которые и обуславливают их определенные области использования [1].

Використання бездротових технологій передачі даних в системах неруйнівного контролю дозволяє спростити процес отримання і передачі сигналів, а також отримати високу вірогідність контролю за рахунок передачі інформації від первинного перетворювача до блоку обробки даних у цифровій формі з послідуною цифровою обробкою [2].

**Мета статті.** Метою статті є спроба продемонструвати можливість використання принципу телеметрії для реалізації приладів вихрострумного неруйнівного контролю.

**Постановка проблеми.** Вихрострумний дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку повинен представляти собою сукупність пристроїв, що забезпечують збір сигналів з первинного перетворювача, формування телеметричних сигналів, передачу їх по каналу зв'язку,

регістрацію і відображення переданої інформації на приймальній стороні.

**Матеріали досліджень.** До розгляду пропонується вихрострумний дефектоскоп, який складається з 2 частин – первинного перетворювача та персонального комп'ютера, який виступає у ролі пристрою для обробки і відображення даних. Первинний перетворювач є функціонально завершеним пристроєм зі своїм живленням, алгоритмом роботи і системою контролю. Зв'язок між першою та другою частинами приладу здійснюється за рахунок бездротової технології **Bluetooth**.

Структурна схема дефектоскопа представлена на рис. 1. Пристрій містить вихрострумний перетворювач, який складається з двох котушок [3]. В залежності від режиму роботи дефектоскопу, первинна котушка перетворювача підключається через ключ до синтезатора частоти або до генератора імпульсів. Синтезатор частоти, який уявляє собою цифровий програмований генератор синусоїдальних коливань, використовується для режиму збудження перетворювача сигналом гармонійної форми, а генератор імпульсів формує прямокутні імпульси у імпульсному режимі роботи. Сигнал з вторинної котушки після підсилення подається на аналого-цифровий перетворювач. Оцифровані дані записуються в буфер пам'яті для послідувочої обробки. Синхронізацією роботи вузлів дефектоскопа керує блок керування. Бездротовий обмін даними між дефектоскопом і персональним комп'ютером здійснює блок передачі інформації.

Дефектоскоп має вбудований Li-pol акумулятор, що забезпечує до 10 годин безперебійної роботи дефектоскопа.

Важливою рисою запропонованої схеми є можливість здійснювати контроль виробів не тільки при гармонійному збудженні перетворювача, а і при імпульсному, що значно розширює сферу застосування вихрострумного дефектоскопу [4].

Обробка даних проводиться за допомогою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютері, що дозволяє виконувати складний математичний аналіз та цифрову фільтрацію сигналу, а також виведення сигналу на екран в зручній для користувача формі.

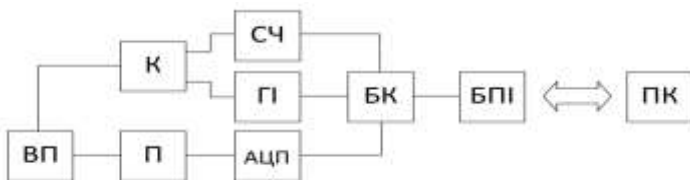


Рис. 1. Структурна схема вихрострумового дефектоскопа

ВП – вихрострумовий перетворювач, П – підсилювач, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, К – ключ, СЧ – синтезатор частоти, ГІ – генератор імпульсів, БК – блок керування, БПІ – блок передачі інформації, ПК - персональний комп'ютер

Загальний вид вихрострумового дефектоскопу з телеметричним каналом зв'язку показаний на рис. 2.



Рис. 2. Загальний вид вихрострумового дефектоскопу з телеметричним каналом зв'язку

**Можливості дефектоскопу як телеметричної системи.** Запропонований вихрострумовий дефектоскоп, як телеметрична система, здатен забезпечити:

- можливість підключення великої кількості первинних перетворювачів (або дефектоскопів) до одного пристрою відображення інформації (персональному комп'ютеру);
- можливість передачі великої кількості параметрів у обох напрямках (осцилограми, амплітуду і фазу отриманого сигналу, рівень заряду акумулятора вимірювальної частини приладу, частоту і амплітуду

збуджуючого сигналу, частоту дискретизації АЦП, поріг спрацювання звукової сигналізації та ін.);

- можливість регулювання характеристик вимірювального приладу в робочому режимі;

- можливість автоматизації процесу контролю з послідуочим збереженням всіх параметрів у пам'яті комп'ютера.

Параметр, що передається дефектоскопом, є швидкозмінною функцією часу зі спектром вхідних та вихідних частот до 5МГц. При гармонійному режимі програмне забезпечення виконує обробку сигналів з частотою 500 кГц, так як більш високі частоти використовуються рідко.

Лінія зв'язку між дефектоскопом і мобільним персональним комп'ютером використовує бездротову технологію Bluetooth, засновану на стандарті IEEE 802.15.1, який визначає функціонування компактної системи зв'язку на невелику відстань. Максимально можливий об'єм інформації, який телеметрична система здатна передавати, приймати і реєструвати в одиницю часу (повна пропускна здатність) – 1 Мб/с.

Дальність дії радіо інтерфейсу при наявності зовнішньої антени знаходиться в межах 300 м. Похибка передачі даних телеметричним способом залежить від затримки оновлення інформації, і не впливає на точність оцифровування сигналів.

**Основні характеристики дефектоскопу.** Статичні характеристики:

- роздільна здатність – 8 біт;
- мінімальна напруга, що вимірюється – 1мВ;
- коефіцієнт перетворення від 1 до 100 (коефіцієнт підсилення).

Динамічні характеристики:

- інерційність одного вимірювання - <100 нс;
- частота дискретизації АЦП - до 128МГц;
- інерційність передачі параметра, що вимірюється - < 0,02 с.

Максимальний струм перетворювача (дефектоскопу), що споживається – 300 мА. Ємність акумуляторної батареї – 2900 мАг. Час безперервної роботи від акумуляторної батареї – не менше 9 годин у гармонійному режимі і не менше 16 годин у імпульсному режимі. Габарити-

ти дефектоскопу 135x35x20 мм. Вага дефектоскопу - 100 гр. Тип перетворювача – активний, генераторний.

**Результати експериментальних досліджень.** Для проведення експериментальних досліджень було обрано деталь з листової нержавіючої сталі товщиною 2 мм (рис.3). Штучно було створено дефектну ділянку, яка складалася з групи дефектів типу тріщина. Середні розміри тріщини склали: довжина 1-2 мм, глибина залягання 0,5 мм, розкриття дефекту 0,05 мм. Контроль проводився з використанням диференціального вихрострумового перетворювача. Частота зондуючого сигналу – 600 кГц, підсилення – 18 дБ. Пошук дефекту проводився через декілька шарів паперу загальною товщиною 0,5 мм. Отримані результати контролю, а саме осцилограми сигналів зображені на рис.4 а і б.

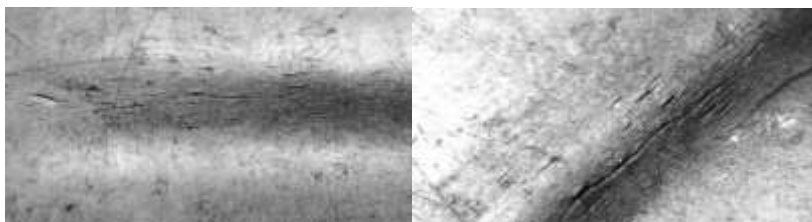


Рис. 3. Фрагменти деталі з дефектами

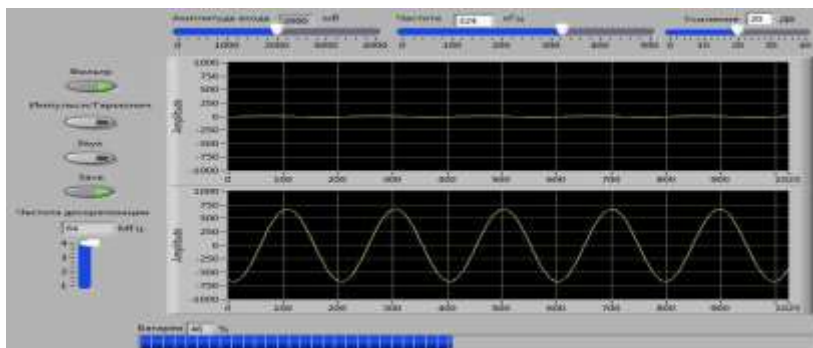


Рис. 4. Осцилограми сигналів дефектоскопа: а) верхня крива – дефект відсутній;

б) нижня крива – дефект присутній

На верхній панелі віртуального приладу маємо зображення сигналу перетворювача для бездефектної ділянки об'єкта контролю, а нижня панель демонструє форму сигналу у випадку наявності дефекту.

Отже, результати експериментальних досліджень продемонстрували, що запропонований вихрострумний дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку здатен фіксує дефекти типу тріщини, раковини, приховані отвори під шаром фарби або іржі.

Завдяки використанню сучасної елементної бази, дефектоскоп має невеликі розміри та споживає мало енергії, що дозволяє йому працювати від вбудованої акумуляторної батареї до 10 годин. Експериментально була встановлена максимальна дальність бездротової передачі даних, яка досягла 100 метрів в зоні прямої видимості.

**Висновки.** Розроблений вихрострумний дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку може бути застосований для контролю металевих об'єктів з метою виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів типу тріщини в томи металу, раковини, неповари і т.п.

Невеликий розмір приладу, його мала вага і компактність, а також відсутність з'єднувальних дротів робить дефектоскоп зручним для використання у місцях, які є важкодоступними для оператора. Запропонована конструкція приладу відкриває широкі можливості для організації автоматизованих систем контролю, які не потребували б присутності оператора у агресивному середовищі.

Телеметричний канал зв'язку дозволяє передавати дані на певну відстань без втрати корисної інформації про стан об'єкту, що дає можливість використовувати для обробки цих даних потужну обчислювану техніку.

**Список літератури:** 1. Кустовський О.Л. Використання безпроводних технологій передачі даних для вирішення задач у неруйнівному контролі. / О.Л. Кустовський, В.Ф. Петрик, К.М. Серий. // Вісник НТУ «ХП». 2012. - № 40. — С.71-77. 2. Кустовський О.Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп. / О.Л. Кустовський, В.Ф. Петрик, Р.С. Савченко. // Матеріали н-п конференції: Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання. – Ів. Франківськ: ІФТУНГ, 2009. – С. 68. 3. Учанин В. Н. Вихретоковые мультидифференциальные преобразователи и их применение. / В.Н. Учанин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2006. - №3. – С. 34-41. 4. Darko Vasic. Pulsed Eddy-Current Nondestructive Testing of Ferromagnetic Tubes. / Vasic Darko, Bilas Vedran, Ambru's Davorin. // IEEE Transactions on instrumentation and measurement. - Vol. 53. - No. 4. - August 2004. P. 1289-1294.

**Bibliography (transliterated):** 1. Kustovs'kyj O.L., V.F. Petry'k, K.M. Syery'j. "Vy'kory'stannya bezprovodny'x tehnologij peredachi dany'x dlya vy'rishennya zadach u nerujnivnomu kontroli." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 40. 2012. 71-77. Print. 2. Kustovs'kyj O.L., V.F. Petry'k, R.S. Savchenko. "Bezdrotovyj akusty'chnyj defektoskop." *Materialy' nauch.-prakt. konf.: Metody' ta zasoby' nerujnivnogo kontrolyu promy'sloвого obladnannya*. – Iv. Frankivs'k: IFTUNG, 2009. 68. Print. 3. Uchany'n V. N. "Vy'xretokovy'e mul'ty'dy'fferency'al'nye preobrazovately' i ix pry'meneny'e." *Tekny'cheskaya dy'agnosty'ka i nerazrushayushhy'j kontrol'*. No.3. 2006. 34-41. Print. 4. Darko Vasic, Bilas Vedran, Ambru's Davorin. "Pulsed Eddy-Current Nondestructive

УДК 697.34

**І.Р. ВАЩИШАК**, канд. техн. наук, доц. ІФНТУНГ, Івано-Франківськ

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЬ ТЕПЛОВТРАТ У ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖАХ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕНЕРГОАУДИТУ**

В статті розглянуто причини понаднормативних втрат теплової енергії при її транспортуванні від джерела до споживача підземними тепловими мережами. Запропоновано інформаційно-вимірнювальну систему для контролю підземних теплових мереж безканальної прокладки з трубопроводами в пінополіуретановій тепловій ізоляції, в основу роботи якої покладено комплексне застосування трьох інформативних параметрів (температури приповерхневого шару ґрунту, акустичного тиску на поверхні ґрунту та струму у стінках трубопроводу). Розроблено методику проведення експериментальних досліджень за допомогою інформаційно-вимірнювальної системи, яка пройшла успішну апробацію.

**Ключові слова:** теплові втрати, підземні теплові мережі, інформаційно-вимірнювальна система, дефект, інформативний параметр, функціональна схема

**Вступ.** Для оптимізації споживання паливно-енергетичних ресурсів, що використовуються при отриманні теплової енергії для побутових та виробничих потреб, проводять енергоаудит систем теплопостачання. Суттєву роль у зниженні непродуктивних втрат теплової енергії при її транспортуванні від джерела до споживача відіграє стан теплових мереж. Це зумовлено тим, що загальна зношеність тепломереж сягає понад 50% [1], а фактичні втрати тепла сягають 60 % [2, 3], при нормативних 13%. Результати проведених енергоаудитів не раз підтвердили, що найслабшою ланкою комунального теплопостачання є не теплогенеруючі потужності, що, як виявилось, часто піддаються відносно недорогій модернізації, а його транспортна складова, мінімальний наскрізний дефект в якій здатен звести нанівець усі підвищення ККД. Тому професійний енергоаудит є дуже важливим кроком на шляху забезпечення максимально ефективного функціонування тепломережі. Його проведення доцільне як на стадії виконання ремонтних робіт, так і як профілактичний захід для своєчасного виявлення неполадок в системі.