

ПРИЛАДИ

УДК 620.179.14

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/03>

Петрик В.Ф.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Протасов А.Г.

Національний технічний університет України «
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сєрий К.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Повишенко О.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИКОРИСТАННЯ СЕРІЙНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОРТАТИВНИХ ДЕФЕКТОСКОПІВ

Бездротові технології передачі даних зараз використовують в усіх технічних галузях – починаючи від стільникових телефонів і закінчуючи автомобілями на автопілоті. Також технології бездротових мереж активно використовуються у неруйнівному контролі.

Найчастіше у неруйнівному контролі передача даних за допомогою бездротових мереж використовується на невеликій відстані (за допомогою bluetooth), проте є і винятки (GSM/HSPA). По справжньому універсальним і необхідним у деяких випадках є поєднання цих технологій у одному пристрої. Цю проблему можливо вирішити під час використання окремого сенсора з bluetooth-модулем і смартфона. Сенсор реалізує збір первинної інформації про об'єкт контролю та передачу даних на невеликій відстані як окремими пакетами даних, зібраними за визначений проміжок часу, так і в режимі Real-time. Смартфон отримує пакет даних із сенсора та дає змогу обробити результати контролю «на місці», або, використовуючи GSM-технологію, передати оброблені дані для формування звіту або для складання карти контролю.

Стаття присвячена проблемі застосування бездротової передачі даних у сучасних дефектоскопах, використовуваних для неруйнівного контролю різних об'єктів. Бездротове з'єднання між вимірювальними датчиками й процесором підвищує надійність тестування й скорочує час ухвалення рішення. Це підвищує стійкість обладнань у несприятливих умовах навколишнього середовища й дає змогу спростити виконання операцій у будь-якому положенні. Стаття містить у собі результати роботи з об'єднання завдань бездротової передачі даних від сенсора до блока обробки інформації у вигляді смартфона та з потреби передачі її за допомогою технології GSM на велику відстань до центру обробки інформації, який оснащений потужним комп'ютерним обладнанням. Висококваліфіковані спеціалісти, використовуючи найсучасніше програмне забезпечення, обробляють у центрі одержані дані. Розглянуто структурну схему пристрою, схему електричну принципову імпульсного збуджувача акустичних коливань з електричним демпфуванням. Наведені експериментальні результати виконаної роботи у вигляді порівняльного аналізу отриманих діагностичних даних розробленого приладу і його найближчого аналогу за технічними параметрами та ціною (прилад Einstein-II).

Ключові слова: *неруйнівний контроль, бездротові технології, смартфон, дефектоскоп.*

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань сучасного інженера є створення приладів і систем, що мають високий рівень автоматизації і спроможні конкурувати з уже наявними на момент проєктування виробами. Оскільки в сучасних реаліях для вирішення поставленого перед інженером завдання вже є безліч різноманітних рішень, то його основне завдання полягає в аналізі наявних і виборі оптимального рішення з можливим його подальшим вдосконаленням. Параметрами, які впливають на конкурентоспроможність готового виробу, є його собівартість, адаптивність, габаритні розміри та простота використання.

У роботі вирішується завдання створення портативного приладу, що використовує ультразвуковий метод пошуку дефектів і має зручну та більш ефективну, порівняно з розробленими раніше, систему передачі та обробки інформації.

Під час організації зв'язку між блоками перетворювача та обробки інформації зазвичай використовують кабель, але у випадках, коли між ними немає прямого доступу, виникає потреба в бездротовій передачі даних. Такий спосіб передачі не тільки звільняє нас від фізичного зв'язку двох або більше частин приладу, а й дає можливість для автоматизації системи загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективи застосування бездротового зв'язку для технічної діагностики з відомими методами НК розглянуто у [1=2]. У промисловості такий зв'язок знаходить безліч застосувань, наприклад поточний контроль виробів у процесі їх виготовлення [3], система виявлення та визначення місця знаходження пошкодження ізоляції силового трансформатора [4]. У медицині бездротовий зв'язок використовується в структурних системах діагностики захворювань [5].

Із застосуванням бездротової технології в задачах НК для передачі даних на малі відстані можна ознайомитися з результатами досліджень створеної моделі дефектоскопа, що використовує технологію передачі Bluetooth [6] та Wi-Fi [7]. У роботах [8–9] розглянуто застосування GSM-технології, що значного збільшує відстані передачі отриманих даних.

Постановка завдання. Сьогодні значного поширення набули мобільні пристрої (смартфони, планшети та ін.), що мають потужні обчислювальні можливості та сенсорні дисплеї. У роботі було поставлено завдання розроблення дефектоскопа з використанням мобільного пристрою для обробки результатів контролю.

Виклад основного матеріалу. Пропонується структурна схема ультразвукового дефектоскопа з бездротовою передачею даних (рис. 1). Блок перетворювача умовно можна поділити на дві складові частини: аналогову (1) та цифрову (2). Аналогова частина включає в себе генератор ударного збудження, що зображений як п'єзоелектричний перетворювач (ПЕП), на який через ключ (К) подається опорна напруга (ОН). Частота ударного збудження задається коротким імпульсом, що подається з блоку керування (БК). Генерований імпульс поширюється в об'єкті контролю (ОК), а після досягнення донної поверхні або дефекту він відбивається і знову потрапляє до ПЕП. Отриманий луно-імпульс має малу амплітуду, тому перед оцифруванням його необхідно підсилити (П). Основним завданням цифрової частини (2) є перетворення аналогового сигналу в цифровий (АЦП) та через блок передачі інформації (БПІ) передача його до блока обробки інформації (БОІ).

На основі цієї структурної схеми було створено модель мобільного ультразвукового дефектоскопа, за своєю специфікою вона здатна використовувати ультразвукові датчики з різною частотою резонансу (1/1.25/2.5/5 МГц) завдяки використанню АЦП з високою частотою дискретизації. Також завдяки гнучкості роботи з мікроконтролерами є можливість встановлення програмного забезпечення з більш досконалим та оптимізованим кодом.

В основі приладу використовується мікроконтролер фірми STM, а саме – мікросхема серії STM32F4 з 32-х бітним ядром ARM Cortex-M4. Така архітектура робить можливим використання одразу декількох допоміжних модулів.

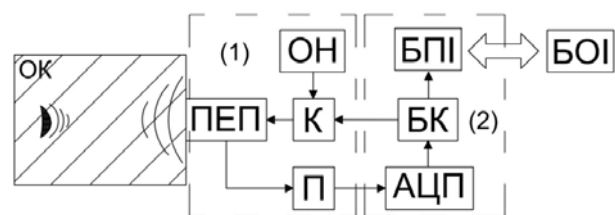


Рис. 1. Структурна схема ультразвукового дефектоскопа: ОК – об'єкт контролю, ОН – опорна напруга, К – ключ, ПЕП – п'єзо електричний перетворювач, П – підсилювач, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, БК – блок керування, БПІ – блок передачі інформації, БОІ – блок обробки інформації

Як схему імпульсного збуджувача акустичних коливань було обрано такі компоненти (див. рис. 2): дві комплементарні пари MOSFET транзисторів TC8220K6-G, схема драйвера M1822 фірми

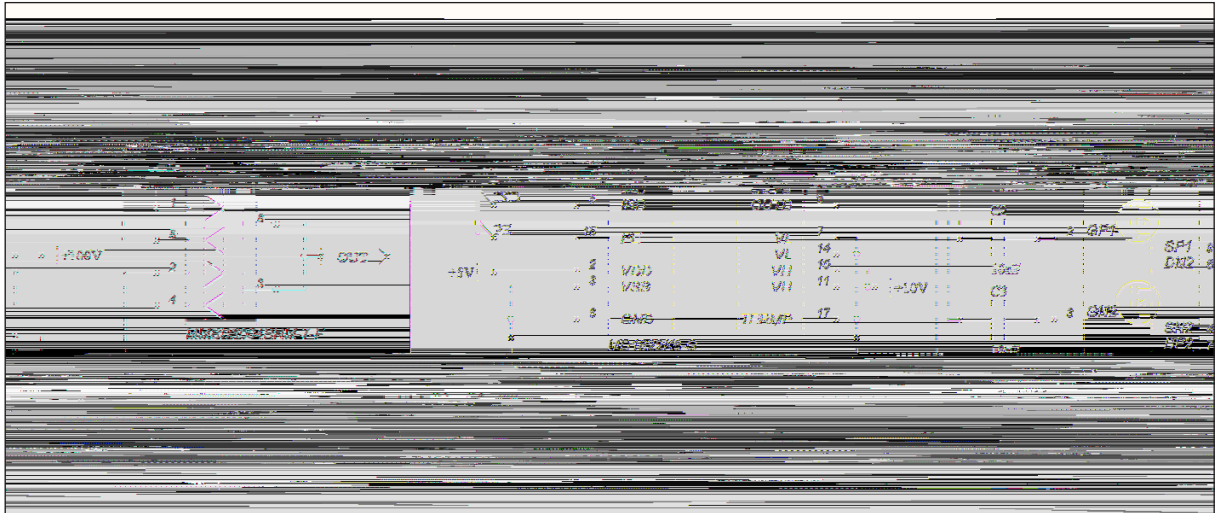


Рис. 2. Схема імпульсного збуджувача акустичних коливань з електричним демпфуванням

Microchip Technology та дві пари по два захисних діоди MMBD3004BRM-7-F. Така схема може працювати з широким діапазоном вихідних напруг ($\pm 100V$), схема драйвера M1822 дає можливість керувати транзисторними ключами, використовуючи широкий спектр стандартних напруг для контролерів 1.8V – 5V, а діоди слугують для захисту транзисторних пар від високих рівнів напруг, що діють на ПЕП.

Завдяки наявності в схемі двох пар комплементарних транзисторів маємо можливість підключити два незалежних датчики або підключити один датчик та зробити для нього канал електричного демпфування (як зображено на рис. 2).

Під час дослідження ринку було прийнято рішення використовувати АЦП ADC08060CIMT/NOPB фірми Analog Devices. Це 8-ми розрядне АЦП має частоту дискретизації 20–60 MSPS (Million Signals Per Second), що дає змогу працювати з будь-якими датчиками, частота яких не перевищує 30 МГц.

У блоці передачі інформації використовується бездротова технологія передачі Bluetooth. Для її реалізації було використано модуль BK8000L, що виготовлений за специфікацією Bluetooth 3.0. До переваг такого модуля можна віднести дві вбудовані радіосистеми: перша забезпечує передачу даних зі швидкістю 3 Мбіт/с (стандартна для Bluetooth 2.0); друга сумісна зі стандартом 802.11 і забезпечує можливість передачі даних зі швидкістю до 24 Мбіт/с, а його енергоспоживання в рази нижче за своїх конкурентів і становить 32mA.

Як додатковий фізичний порт передачі інформації використовується USB OTG (Universal Serial Bus On-The-Go) full-speed, який передбачений можливостями мікроконтролера. Цей протокол передачі сумісний зі стандартами USB 2.0, а також OTG 1.0, працює

на швидкості до 12 Мбіт/с. Цей канал зв'язку є більш допоміжним, ніж основним, оскільки виконує роль порту для запису програмного забезпечення та заряду Li-pol акумулятора.

Аналіз отриманого сигналу може бути виконаний на різноманітних пристроях, від характеристик яких залежить швидкість обробки даних. Нині розроблено мобільний додаток, що дає змогу візуалізувати отриманий сигнал у вигляді А-розгортки (A-scan), тобто двомірне відображення зміни амплітуди на вході дефектоскопа вплині часу. Для побудови зображення В, С та інших розгорток необхідно використовувати дефектоскоп спільно з датчиками шляху та інше.

Обробка даних на персональному комп'ютері або смартфоні дає змогу використовувати різноманітні методи і алгоритми залежно від поставленого завдання, а також сучасні методи інтерпретації та візуалізації отриманих результатів.

Результатом експериментальних досліджень є порівняльний аналіз отриманих діагностичних даних із запропонованого портативного дефектоскопа (рис. 3) і його найближчого аналога за технічними параметрами та ціною приладу Einstein-II.

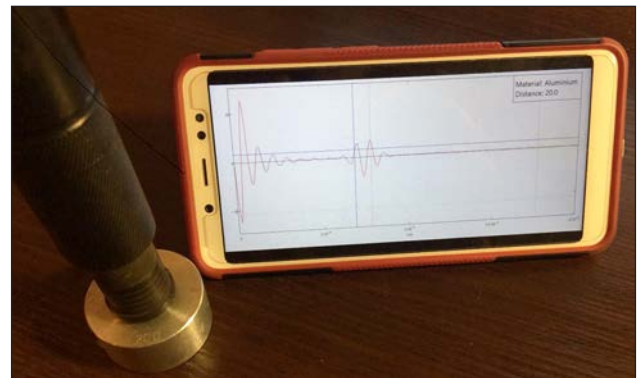


Рис. 3. Загальний вигляд приладу

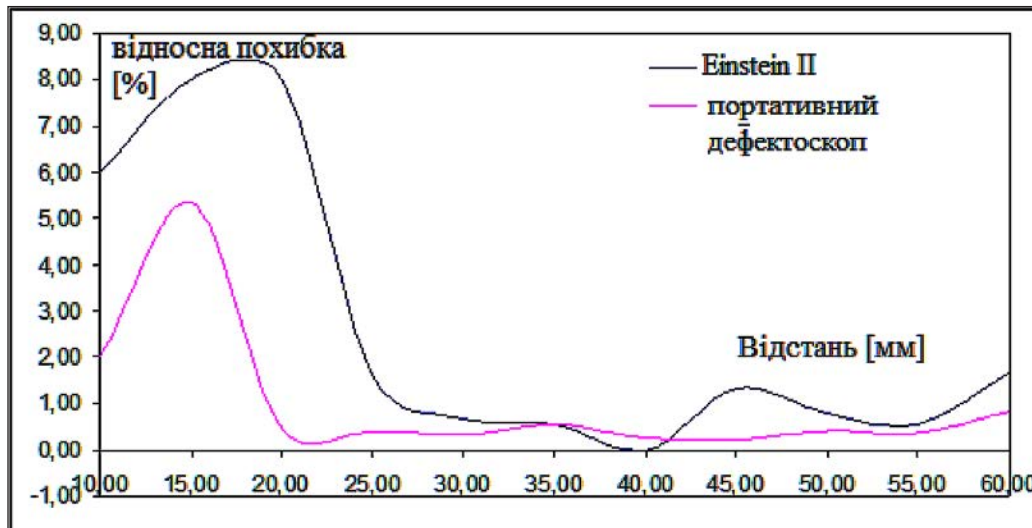


Рис.4. Графік розподілу відносних похибок

Таблиця 1

Порівняльний аналіз отриманих діагностичних даних розробленого приладу і його найближчого аналога

Відстань мм	Einstein II		МД-1	
	Результати вимірів мм	Відносна похибка %	Результати вимірів мм	Відносна похибка %
10,00	9,40	6	9,80	2,00
15,00	13,80	8	14,20	5,33
20,00	18,40	8	20,10	0,50
25,00	24,60	1,6	24,90	0,40
30,00	30,20	0,67	30,10	0,33
35,00	34,80	0,57	34,80	0,57
40,00	40,00	0	40,10	0,25
45,00	45,60	1,33	45,10	0,22
50,00	50,40	0,8	50,20	0,40
55,00	55,30	0,55	55,20	0,36
60,00	61,00	1,67	60,50	0,83

Висновки. Запропонований у статті портативний ультразвуковий дефектоскоп має одразу декілька переваг порівняно з приладами та сис-

темами, що є сьогодні. Порівняльний аналіз розробленого приладу з аналогом (Einstein II) виявив його більшу чутливість у ближній зоні контролю. Наприклад, у приладі в діапазоні відстаней 10–35 мм значення відносної похибки втричі менше від зазначеного аналога, а в діапазоні відстаней 35–60 мм значення відносної похибки менше в 1,5–2 рази. Зменшення відносної похибки досягнуто за допомогою нових сучасних методів обробки цифрових даних, що доступні під час використання ПК та смартфонів.

Аналіз похибок показує, що розроблений дефектоскоп не поступається параметрам зарубіжного аналога та навіть перевершує його характеристики.

Застосування бездротових технологій передачі даних дає можливість використовувати прилад в автоматизованих системах для проведення контролю зварних швів листового матеріалу, склеювання, пайки та ін. на наявність різноманітних дефектів. Можливість використання радіохвильової системи передачі інформації дозволяє застосування більш досконалих систем обробки даних на значних відстанях від ОК.

Список літератури:

1. Janko Meier, Isaak Tsalicoglou, Ralph Mennicke. The future of NDT with wireless sensors, A.I. and IoT. *15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing*. November 13–17, 2017, Singapore. P. 1–11.
2. Райтер П.М., Григоришин О.М.. Аналіз переваг та недоліків сучасних технологій передачі даних для розподілених систем технічної діагностики і моніторингу. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі* : мат-ли 2-ої наук.-техн. конф., Польща, м. Люблін, 24–27 жовтня 2017 р. Люблін, Польща, 2017. С. 77–81.
3. Ahmad El Kouche, Hossam S. Hassanein. Ultrasonic Non-Destructive Testing (NDT) Using Wireless Sensor Networks. *The 3rd International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT). Procedia Computer Science 10*. 2012. P. 136–143.

4. Xin He, Guangzhong Xie, Yadong Jiang. Online Partial Discharge Detection and Location System Using Wireless Sensor Network. *ICSGCE 2011: 27–30 September 2011, Chengdu, China. Energy Procedia* 12. 2011. P. 420–428.
5. Yan Yu, Ruicong Han, Xuefeng Zhao, Xingquan Mao, Weitong Hu, Dong Jiao, Mingchu Li, Jinping Ou. Research Article Initial Validation of Mobile-Structural Health Monitoring Method Using Smartphones. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. February 2015. P. 1–14.
6. Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Lysenko I.I. Using wireless data transmission in eddy current nondestructive testing. *Приборостроение – 2017* : мат-лы 10-й Междунар. науч.-техн. конф., 1–3 ноября 2017 г., Минск : БНТУ, 2017. С. 74–76.
7. Петрик В.Ф., Дугин А.Л., Карпинский В.В., Кустовский А.Л., Лисенко Ю.Ю. Мобильный вихретоковый дефектоскоп с беспроводной системой передачи данных. *Журнал «Научни известия НТСМ»* : мат-лы Междунар. конф. «Дни на безразрушительния контрол 2016». Созополь, 2016. № 1 (187). С. 43–45.
8. Безлюдько Г.Я., Захаров В.А., Соломаха Р.Н. От выборочного периодического неразрушающего контроля состояния металла к мониторингу усталости и нагруженности, управлению ресурсом металлических конструкций и сооружений. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2014. № 3. С. 64–65.
9. Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Ukraineec S.S. Wireless data transmission in ultrasonic nondestructive testing. *Ж-л «Научни известия на НТСМ»* : мат-лы Междунар. конф. «Дни на безразрушительния контрол 2017». Созополь, 2017. № 1 (216). С. 121–123.

Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Povshenko O.A. USE OF SERIAL MOBILE DEVICES WHEN DESIGNING PORTABLE DEFECTOSCOPES

Wireless data technologies are now used in all technical fields, from cell phones to autopilot cars. Wireless technologies are also being actively used in nondestructive testing.

Most often in non-destructive testing, data transmission over wireless networks is used over short distances (via bluetooth), but there are also exceptions (GSM / HSPA). What is truly versatile and necessary in some cases is the combination of these technologies in one device. This problem can be solved by using a separate bluetooth module sensor and a smartphone. The sensor collects primary information about the object of testing, and transmission of data over short distances, both as separate data packets collected over a certain period of time and in Real-time mode. The smartphone receives a data packet from the sensor and process the results of the on-site testing. It is also possible to use GSM technology to transmit the processed data to generate a report or to compile a testing map.

This article is devoted to the problem of using wireless data transmission in modern flaw detectors used for non-destructive testing of various objects. The wireless connection between the measuring sensors and the processor improves test reliability and reduces decision time. This increases the durability of the equipment in adverse environmental conditions and makes it easier to carry out operations in any position. The article presents the results of work on integrating wireless data transmission from the sensor to the unit of information processing in the form of a smartphone and the need to transmit it via GSM technology over a long distance to the data center, which is provided with powerful computer equipment. Highly qualified specialists, using the most up-to-date software, process the data in the center. The structural scheme of the device, the scheme of the electrical principle pulse exciter of acoustic vibrations with electric damping is considered. The experimental results of the performed work are presented in the form of a comparative analysis of the received diagnostic data of the developed device and its closest analogue by technical parameters and price (Einstein-II device).

Key words: *non-destructive testing, wireless technology, smartphone, flaw detector.*