

проведення вимірювань в діапазоні частот. Похибка вимірювання RLC-параметрів значною мірою визначається співвідношенням $g \cos\varphi$ і $g \sin\varphi$ і сумірністю $1/R_0$ і $g \cos\varphi$, а також ωC_0 і $g \sin\varphi$. Значення R_{01} повинно бути $R_{01} \ll |Z|$, оскільки похибка вимірювання зростає з ростом R_{01} і із зменшенням розрядності АЦП (рис. 3). За відсутності апріорної інформації про чисельні значення $g \cos\varphi$ і $g \sin\varphi$ слід провести пробні вимірювання з метою уточнення значень $1/R_0$ і ωC_0 . За значної відмінності $g \cos\varphi$ і $g \sin\varphi$ слід змінити частоту ω , за якої $g \cos\varphi \approx g \sin\varphi$.

1. Гриневич Ф.Б. Автоматические мосты переменного тока. – Новосибирск, 1964. 2. Кнеллер В.Ю. Автоматические измерения составляющих комплексных сопротивлений. – М.-Л., 1967. 3. Кнеллер В.Ю., Боровских П.П. Определение параметров многоэлементных двухполюсников. – М., 1986. 4. Добровинський І.Р., Ломтев Е.А. Проектирование ИИС для измерения параметров электрических цепей. – М., 1997. 5. Добровинський І.Р., Бондаренко Л.Л., Блинов А.В. Повышение точности измерений параметров двухполюсников // Измерительная техника. – 200. – №. – С.49–53. 6. Modern impedance measurement techniques. Bate Alan. Electron. World. – 2003, 109. – №1803. – С.52–59. 7. PC-based devices for immitance control of multidimensional objects. Pohodylo E., Stolyarchuk P., Chyrka M. IEEE Trans. Instrum. and Meas. 2002, 51. – №5. – С. 1132–1135. 8. Агама-лов Ю.Р. Теоретические основы построения и техническая реализация многофункциональных преобразователей комплексного сопротивления на базе адаптивного подхода / Автореф. дисс. докт. техн. наук. Ин-т проблем упр. РАН. – М., 2003. – 46 с. 9. Свистунов Б.Л. Структурно-алгоритмические методы синтеза средств инвариантного измерения параметров электрических цепей / Автореф. дисс. докт. техн. наук. Пенз. гос. ун-т. – Пенза, 2004. – 47 с. 10. Грибок М. Алгоритмічні методи вимірювання параметрів скалярних величин // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – №58. 11. Грибок М. Інтелектуальні методи вимірювання параметрів векторних величин // Вісник ДУ “Львівська політехніка” “Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика”. – 2001. – №415. 12. Грибок М. Вимірювання параметрів двокомпонентних комплексних опорів методом зміщення системи координат по складових опорі і провідності // Вісник ДУ “Львівська політехніка”. – 2002. – №445. 13. Грибок М. Вимірювання параметрів двокомпонентних комплексних опорів методом зміщення системи координат по складових напруги і струму // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2002. – №59

УДК 004.942:534-8

Н.Я. Павич,

Національний університет “Львівська політехніка”.
кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

КОНТРОЛЕР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ОБ’ЄМНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ У ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ

© Павич Н.Я., 2006

Розглядаються особливості дослідження та визначення форми об’ємних неоднорідностей у пружних середовищах за допомогою ультразвукових хвиль. Запропоновано структурну схему контролера для системи таких досліджень на основі апаратного інтерфейсу універсальної послідовної шини.

The features of investigation and identification of volumetric inhomogeneities form in elastic medium with ultrasonic waves are considered. System block scheme of controller for the

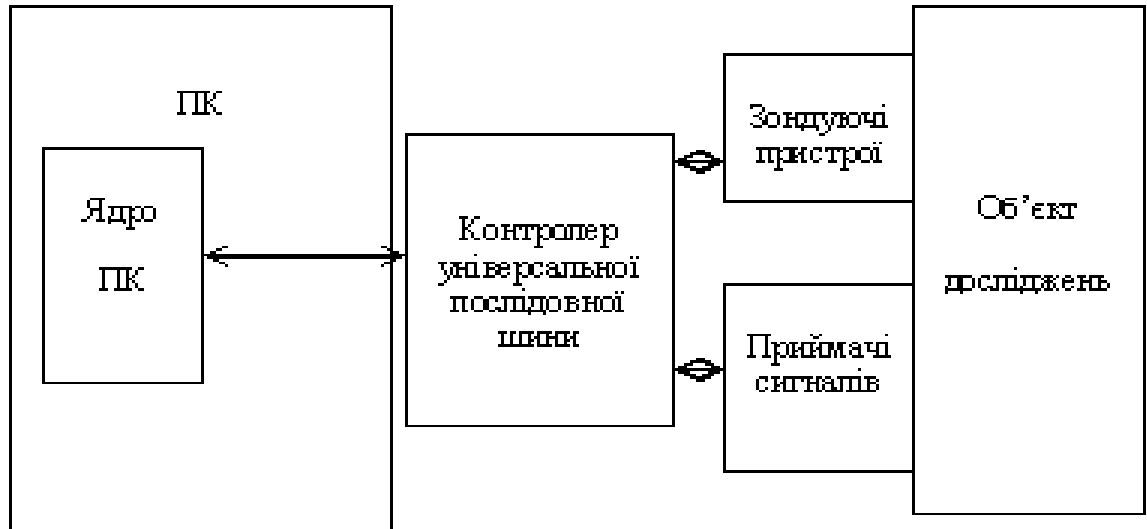
investigation and identification system on the basis of universal serial bus is offered.

Вступ. Системи для дослідження і визначення форми об'ємних неоднорідностей у пружному середовищі за допомогою ультразвукових хвиль використовуються з метою подальшого застосування отриманих результатів у різних практичних задачах, в тому числі для контролю виробів та компонент у машинобудуванні, приладобудуванні, енергетиці, літакобудуванні тощо [1]. Створення таких засобів контролю є актуальною проблемою, оскільки оцінка якості окремих компонент виробів має вагомe значення для комплексної оцінки якості складних комплексів.

Аналіз публікацій. Аналіз останніх досліджень та публікацій стосовно проблеми створення ефективних систем для дослідження та визначення форми об'ємних неоднорідностей у пружному середовищі, окрім спеціалізованих ультразвукових пристроїв, ґрунтуються на широкому застосуванні комп'ютерних засобів [1–5], оскільки алгоритми визначення форми об'ємних неоднорідностей вимагають величезних обчислювальних затрат [8–9]. Базовим пристроєм є сучасний персональний комп'ютер (ПК), який може опрацювати велику кількість інформації в режимі реального часу досліджень. Разом із спеціалізованими пристроями він забезпечує ефективне керування різними режимами функціонування системи. Одним із основних спеціалізованих пристроїв є контролер апаратного інтерфейсу, який забезпечує взаємодію між ПК та іншими пристроями системи. Такий контролер доцільно будувати за одним із стандартних інтерфейсів ПК, що істотно спрощує процес організації взаємодії між пристроями системи [1–3]. Одним із таких інтерфейсів, який використовується в системах досліджень, є General Purpose Instrument Bus (GPIB) [2–5]. Це – магістральний 8-бітовий апаратний інтерфейс, який забезпечує порівняно просту реалізацію апаратних та програмних засобів, однак має обмежену швидкість обміну даними. Більш швидкодійними апаратними інтерфейсами є Industry Standard Architecture (ISA) та Extended Industry Standart Architecture (EISA) [1]. Це – магістральні інтерфейси, які можуть забезпечувати обмін 16-бітовими даними. Однак реалізація на цих інтерфейсах контролера системи є досить складною. Отже, контролери на основі інтерфейсів GPIB, ISA, EISA в системах для дослідження процесів розповсюдження ультразвукових хвиль у пружних середовищах не забезпечують оптимального співвідношення за показниками продуктивність-вартість. Покращання цього співвідношення є однією із основних задач під час створення систем такого класу.

Постановка завдання. Створення спеціалізованого контролера як пристрою для системи є важливим завданням. На нього припадає основне навантаження щодо реалізації в реальному масштабі часу взаємодії за стандартним апаратним інтерфейсом між ПК та об'єктом досліджень. Контролер має в якнайкращий спосіб відповідати взаємно протилежним вимогам щодо простоти апаратних і програмних засобів, які визначають його вартість, з одного боку, та забезпечення високої інтенсивності обміну інформацією, – з іншого.

Основні матеріали досліджень. У сучасних персональних комп'ютерах набув широкого застосування апаратний інтерфейс Universal Serial Bus (USB) [6]. Це – універсальна послідовна шина (УПШ), яка має досить високу швидкість обміну даними (до 480 Мбіт/с) та характеризується відносною простотою технічних та програмних засобів. Узагальнена структурна схема системи для дослідження і визначення форми об'ємних неоднорідностей у пружному середовищі за допомогою ультразвукових хвиль на основі контролера УПШ показана на рисунку.



Структурна схема системи

Організація взаємодії між контролером, з одного боку, зондуючим пристроєм та приймачами ультразвукових сигналів, з іншого, – забезпечується через спеціальні інтерфейси. Контролер передає на зондувачі пристрої (ЗП) команди керування, які визначають його режими функціонування, та приймає від ЗП їх слова стану та асинхронні слова-відповіді. Контролер передає на приймачі сигналів (ПС) команди керування, які визначають їх режими функціонування, в тому числі синхронізацію з роботою ЗП, та приймає від них оцифровані дані про поширення ультразвукових сигналів у пружному середовищі. Загальне керування контролером, ЗП та ПС реалізується через оригінальне функціональне програмне забезпечення (ФПЗ), один з алгоритмів якого полягає ось у чому [9].

Припустимо, що деякими відомими методами [2, 3, 7] визначено, що об'ємна неоднорідність є порожнина. Нехай її поверхня є зірковою і параметризується у формі $\mathbf{y} = \rho(\hat{\mathbf{y}})\hat{\mathbf{y}}, |\hat{\mathbf{y}}| = 1$, дані моностатичного розсіяння $f^0(\omega; \mathbf{l}) = (\mathbf{f}^L(\omega; \mathbf{l}, -\mathbf{l}), \mathbf{l})$ мають такий вигляд:

$$f^0(\omega; \mathbf{l}) = A(\omega; \mathbf{l}) \circ \rho = -ik_L \int_{S_0} U_m(\omega; \rho) u_m(\rho(\hat{\mathbf{y}})\hat{\mathbf{y}}) d\theta d\phi$$

$$U_m(\omega; \rho) = [(1 - 2\xi^2)S_m + 2\xi^2(\mathbf{l}, \mathbf{S})l_m] \exp[ik_L \rho(\mathbf{l}, \hat{\mathbf{y}})], \quad \xi = c_T / c_L,$$

$$S_1 = \rho\rho'_\phi \sin \phi + \rho \sin \theta \cos \phi [\rho \sin \theta - \rho'_\theta \cos \theta],$$

$$S_2 = -\rho\rho'_\phi \cos \phi + \rho \sin \theta \cos \phi [\rho \sin \theta - \rho'_\theta \cos \theta],$$

$$S_3 = \rho \sin \theta \cos \phi [\rho \cos \theta + \rho'_\theta \sin \theta], \hat{\mathbf{y}} = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta),$$

де S_0 – поверхня одиничної сфери; $u_m(\rho(\hat{\mathbf{y}})\hat{\mathbf{y}})$ – компоненти вектора зміщень на поверхні порожнини, що задовольняють системі сингулярних інтегральних рівнянь, $m=1,2,3$.

Лінеаризація рівності (1) приводить до співвідношення

$$D_F \circ \delta\rho \equiv \int_{S_0} D_F(\omega; \mathbf{l}, \hat{\mathbf{y}}) \delta\rho(\hat{\mathbf{y}}) d\theta d\phi = f[\rho_0; \mathbf{l}], \quad \mathbf{l} \in S_0 \quad (2)$$

$$D_F(\omega; \mathbf{l}, \hat{\mathbf{y}}) = \frac{\partial}{\partial \rho_0} [U_m(\omega; \rho_0) u_m(\rho_0 \hat{\mathbf{y}})], \quad f[\rho_0; \mathbf{l}] = \frac{f^0(\omega; \mathbf{l}) - A \circ \rho_0}{k_L} \cdot i, \quad \delta\rho = \rho(\tilde{\mathbf{y}}) - \rho_0(\tilde{\mathbf{y}})$$

Лінійне інтегральне рівняння Фредгольма першого роду (2) – базове співвідношення для

розв'язування цієї задачі. Шукану функцію $\rho(\hat{y})$, ґрунтуючись на методі Ньютона–Канторовича, подамо як границю рекурентної послідовності:

$$\rho^{(n+1)} = \rho^{(n)} + (D_F^* D_F + \gamma_n E)^{-1} [D_F^* \circ f(\rho^{(n)}, I) - \gamma_n \rho^n], \quad (3)$$

$$\gamma_n \rightarrow 0, n \rightarrow \infty; \rho^{(0)} = \rho_0, n = 0, 1, 2, \dots,$$

де D_F^* – спряжений оператор до оператора D_F в сенсі скалярного добутку в $L_2(S_0)$; E – одиничний оператор; ρ_0 – початкове наближення.

Доповнюючи процедуру (3) правилом зупинки $n = n(\delta)$, де δ – рівень похибок задання даних розсіяння, отримаємо регуляризуючий алгоритм.

З практичного погляду обчислення ядра оператора D_F вимагає величезних обчислювальних затрат, оскільки на кожному ітераційному кроці передбачає знаходження розв'язків системи сингулярних інтегральних рівнянь. Тому з практичного погляду доцільно використовувати квазіньютонівський метод побудови рекурентної послідовності (3). Крім того, покладаючи $\rho_0 = a$, де a – радіус сфери, менший від половини діаметра області, що займає порожнина, вираз для поля $u(a\tilde{y})$ можна записати в квадратурах. Усе це дає змогу значно зменшити обсяг необхідних обчислень.

Розроблене, в тому числі на основі співвідношень (2)–(3), функціональне програмне забезпечення підтримує виконання в системі таких основних задач: керування роботою контролера АДК, зондуючих пристроїв та приймачів сигналів; читання, сортування та запам'ятовування початкових даних та їх первинне опрацювання; обчислення та формування результатів досліджень [8, 9]; статистичне опрацювання результатів різних експериментів.

Порівняльна оцінка апаратних затрат показує, що вони майже однакові для контролерів USB та GPIB, а для контролерів ISA, EISA вони у 2–4 рази більші порівняно із контролером USB. Стосовно пропускної здатності контролер USB приблизно у 2 рази має кращі показники від контролерів ISA, EISA та у 60 разів перевищує пропускну здатність контролера GPIB. Отже, наведені порівняльні оцінки однозначно підтверджують доцільність застосування контролера універсальної послідовної шини у дослідженні та визначенні форми об'ємних неоднорідностей у пружному середовищі за допомогою ультразвукових хвиль.

Висновки. Спеціалізований контролер системи для дослідження і визначення форми об'ємних неоднорідностей у пружному середовищі за допомогою ультразвукових хвиль на основі універсальної послідовної шини забезпечує поліпшене співвідношення за показниками продуктивність-вартість порівняно із контролерами на основі інтерфейсів ISA, EISA, GPIB. Застосування програмованих логічних інтегральних схем спрощує практичну реалізацію контролера.

1. Павич Н. Система для дослідження процесів ультразвукового контролю пружних середовищ з об'ємними неоднорідностями // Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології”. – 2000. – №413. – С. 56–60. 2. Bostrom A. Theoretical modelling of ultrasonic non-destructive testing // *Materials & Design*. – 1994. – V.15. – №3. – P. 164–168. 3. Chapman R.K. A system model for the ultrasonic inspection of smooth planar cracks // *J. Nondestr. Eval.* – 1990. – V.11. – №2. – P. 197–215. 4. Chang Y.-F., Chen S.-C. Imaging Hilbert-transformed ultrasonic data // *Res. Nondestr. Eval.* – 2001. – P. 97–103. 5. Hsin-Chia Lu and Tah-Hsiung Chu. Microwave Diversity Imaging Using Six-Port Reflectometer // *IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Jun.* – 1999. – Vol.47. – № 1. – P.84–87. 6. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК: Энциклопедия. – СПб., 2002. 7. Ємець В.Ф., Павич Н.Я. Методи ультразвукового контролю пружних середовищ та елементів систем: Збірник наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ. – К., 2000. – Вип. 10. – С. 197–203. 8. Ємець В.Ф., Павич Н.Я. Алгоритм ідентифікації форми пружної неоднорідності на основі методу ітеративної регуляризації // Вісник державного університету

“Львівська політехніка” “Комп’ютерна інженерія та інформаційні технології”. – 1998. – №351. – С.160–164. 9. Павич Н.Я. Метод дистанційного визначення форми порожнини в пружному середовищі: Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ “Моделювання та інформаційні технології”. – К., 2000. – Вип. 6. – С.182–185.

УДК 681.32

Я.В. Гапонюк

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів
відділ “Обчислювальні методи і системи перетворення інформації”

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРУБ ЕЛІПТИЧНОЇ ФОРМИ

© Гапонюк Я.В., 2006

Описано принцип роботи оптико-електронного пристрою для обчислення півосей поперечного перерізу труб еліптичної форми із застосуванням структурованого освітлення за допомогою двох світлових площин. Пристрій правильно обчислює параметри перерізу труби під час його довільного просторового розташування по відношенню до труби в межах робочого діапазону.

Paper is devoted to the work of optic-electronic device for elliptic tube intersection parameters calculating by applying the means of structural light namely two light planes. Device works correctly being at free space position accordingly with the tube in work bounds.

Постановка проблеми. Наявність серед предметів технологічного призначення великої кількості об’єктів циліндричної або майже циліндричної форми ставить перед вимірювальною та обчислювальною технікою завдання з вимірювання та обчислення діаметра циліндричних виробів або параметрів майже циліндричних виробів, наприклад, півосей труб, які мають перпендикулярний переріз еліптичної форми. Такі задачі характерні для вимірювання параметрів труб під час виробництва у тому випадку, коли циліндрична труба під впливом певних чинників набуває еліпсоподібної форми, або для циліндричних труб, які побували в експлуатації та зазнали деформації. Розповсюджені сьогодні оптико-електронні пристрої побудовані на основі тіньового методу, а також ультразвукові пристрої, які виміряють діаметр труби як віддаль між парою діаметрально розташованих на периметрі труби точок, причому таких пар може бути від однієї до чотирьох. Такий підхід дає принципову похибку вимірювання, тому що не гарантує розташування хоча б однієї пари точок на протилежних кінцях малої або ж великої осі еліптичного перерізу труби. Тому актуальним є розроблення методів та пристроїв, які б уможливили встановлення достовірного значення еліптичної форми перерізу труби.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оптико-електронна система безконтактного контролю пустотілих циліндрів розглянута в [1]. В описаному пристрої джерелом світла є світлодіод, випромінювання якого за допомогою оптичної системи перетворюється в квазіпаралельний пучок світла. Тіньове зображення циліндра фіксується лінійками фотоприймачів.

У [2] використовується також тіньовий метод освітлення циліндричної поверхні, але особливість пристрою полягає в тому, що використано три світлові промені, які направлені по дотичній до циліндричної поверхні, що дає можливість визначити координати трьох точок та на основі отриманої інформації вирахувати діаметр циліндра.

Вказані пристрої спроектовані для вимірювання діаметрів циліндричних виробів і під час вимірювання параметрів нециліндричних виробів результати вимірювання матимуть похибку відхилення від достовірного значення.

Вимірювання кривини поверхні виробів за допомогою структурованого освітлення розглянуто в