

УДК 620.380

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЕФЕКТΟΣКОПУ У ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ

К.М. Сєрий

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
пр. Перемоги, 37, м. Київ, тел. (8-044) 454-95-47*

Описана методика автоматичного визначення просторових координат вимірювального перетворювача дефектоскопа разом із просторовими координатами поверхні об'єкта контролю. Показана можливість її реалізації з використанням оптичних приладів з ПЗЗ-двомірними матрицями.

Описана методика автоматического определения пространственных координат измерительного преобразователя дефектоскопа вместе с пространственными координатами поверхности объекта контроля. Показана возможность ее реализации с использованием оптических приборов с ПЗЗ-двомерными матрицами.

There is described the method of automatic determination of spatial coordinates of defectoscope measuring converter together with the spatial co-ordinates of surface of control object. Possibility of its realization is rotined with the use of scopes with PZZ-two-dimensions matrices.

В неруйнівному контролі, не дивлячись на глобальну автоматизацію усіх процесів, що ще недавно виконувалися руками людини, продовжують використовуватися ультразвукові, вихрострумові, магнітні і інші типи дефектоскопів, як знаряддя неруйнівного контролю у руках людини (дефектоскопіста). Пояснюється це складністю автоматизації роботи дефектоскопа, яким виконується контроль різноманітних об'єктів конструкцій, що відрізняються розмірами, поверхнями тощо. Відносність координат пояснюється тим, що системи відліку цих координат встановлюються на поверхню об'єкта контролю, як правило, без прив'язки до конкретних координат цього об'єкта. Існуючі системи відліку координат є досить громіздкими і малонадійними механічними системами, які використовуються для визначення координат лише плоскої поверхні об'єкта контролю. До того ж ці системи є контактними щодо вимірювального перетворювача дефектоскопа і при скануванні поверхні об'єкта контролю вимірювальним перетворювачем ці системи приводяться у рух зусиллями дефектоскопіста, що значно ускладнює його роботу.

У даній роботі розглядається можливість побудови безконтактної відносно перетворювача дефектоскопа автоматичної системи визначення просторових координат вимірювального перетворювача дефектоскопа

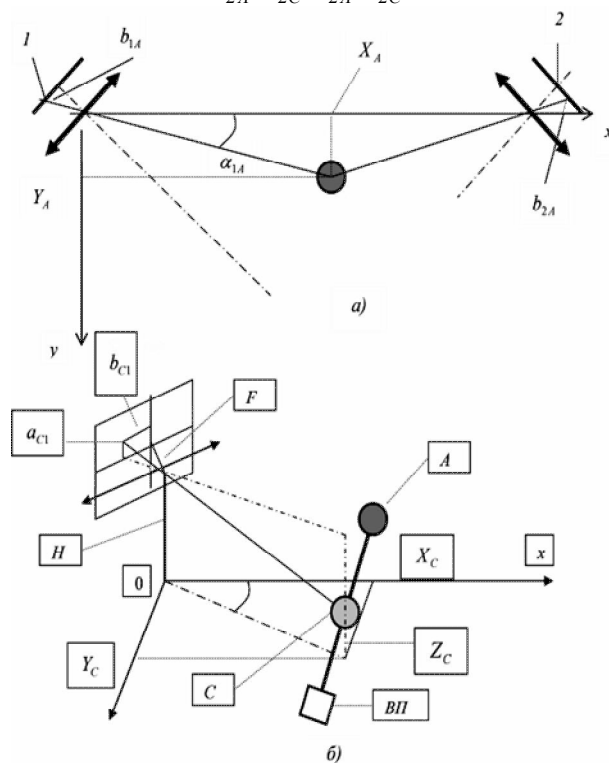
[1] з записом у цифровій комп'ютерній пам'яті значень вихідних сигналів дефектоскопа разом з просторовими координатами поверхні об'єкта контролю.

Основною особливістю такої системи є використання двох серійних оптичних приладів з ПЗЗ-двомірними матрицями у фокальних площинах об'єтивів, які закріплені на металевій чи дерев'яній планці на відстані від 0,5 м до 1 м, утворюючи таким чином базу вимірювань B . Вважаючи на обмежений кут зору ($\approx 90^\circ$) подібних оптичних приладів, встановлюємо їх осі під кутом 45° один назустріч другому. При цьому унікаємо «мертвої» зони у межах квадрату, однією стороною якого є база вимірювань.

Система визначення координат вимірювального перетворювача у процесі сканування ним поверхні об'єкта контролю є універсальною для дефектоскопів будь-яких типів. Вимірювальні перетворювачі дефектоскопів при скануванні притискаються своєю площиною до поверхні об'єктів контролю, повторюючи її під час сканування. Виключенням є високочастотні (≥ 1 МГц) вихрострумові перетворювачі, положення яких може бути з нахилом відносно нормалі до поверхні у межах $\pm(10 - 15)^\circ$.

В даній системі визначаються координати двох різнокольорових точкових джерел світла синього (А) та червоного (С), що

встановлюються на спеціальному видовженні корпусу вимірювального перетворювача у напрямку його осі (рис. 1). Значення координат цих джерел світла у системі відліку, що відтворена положенням бази B вимірювань, визначаються за координатами проєкцій цих джерел світла на двовірних ПЗЗ-матрицях обох оптичних об'єктивів. Система відліку координат положення центрів проєкцій відповідних точкових джерел світла ділить двовірні ПЗЗ матриці на чотири рівних частини з початком системи координат в центрі цих матриць. При даному розташуванні оптичних камер (рис. 1) використовується лише половина матриць. Ординати і абсциси визначених центрів оптичних проєкцій відповідно для синього і червоного точкового джерела світла позначаємо як a_{1A}, a_{1C} та b_{1A}, b_{1C} , де індекс 1 – номер камери. Аналогічно проєкції центрів цих же джерел на ПЗЗ другої оптичної камери позначаємо, як $a_{2A}, a_{2C}, b_{2A}, b_{2C}$.



а) – до визначення координат X, Y точкових джерел світла (показано визначення координат джерела світла A); б) – визначення координати Z точкових джерел світла (показано для точкового джерела світла C)

Рисунок 1 – Схема визначення координат точкових джерел світла A і C

Для прикладу розглянемо процедуру визначення координат одного з точкових джерел. Враховуючи геометрію розташування оптичних камер, значення кутів α_A, α_C та β_A, β_C (на рис. 1 показані дані кути тільки для джерела A) знаходимо за наступними виразами:

$$\alpha_A = \pi/4 - \arctg\left(\frac{b_{A1}}{F}\right); \quad \alpha_C = \pi/2 - \arctg\left(\frac{b_{C1}}{F}\right), \quad (1)$$

$$\beta_A = \pi/4 - \arctg\left(\frac{b_{A2}}{F}\right); \quad \beta_C = \pi/2 - \arctg\left(\frac{b_{C2}}{F}\right),$$

де F – фокусна відстань об'єктивів.

Координати X, Y точкових джерел, наприклад джерела A , визначаються, виходячи з наступних рівнянь:

$$Y_A = X_A \operatorname{tg} \alpha_A, \quad (2)$$

$$Y_A = (B - X_A) \operatorname{tg} \beta_A.$$

Знаходимо значення координат точкових джерел світла A та C :

$$X_A = \frac{B \operatorname{tg} \alpha_A}{\operatorname{tg} \alpha_A + \operatorname{tg} \beta_A}, \quad Y_A = \frac{B \operatorname{tg} \alpha_A \operatorname{tg} \beta_A}{\operatorname{tg} \alpha_A + \operatorname{tg} \beta_A}, \quad (3)$$

$$X_C = \frac{B \operatorname{tg} \alpha_C}{\operatorname{tg} \alpha_C + \operatorname{tg} \beta_C}, \quad Y_C = \frac{B \operatorname{tg} \alpha_C \operatorname{tg} \beta_C}{\operatorname{tg} \alpha_C + \operatorname{tg} \beta_C}. \quad (4)$$

Координату Z джерел світла на прикладі визначення координати джерела C знаходимо з урахуванням висоти H розташування оптичних камер над площиною Oxy (рис. 1, б):

$$Z_C = H - \frac{a_{C1} \sqrt{X_C^2 + Y_C^2}}{\sqrt{F^2 + b_{C1}^2}}. \quad (5)$$

Після підстановки значень X_C та Y_C в (1) і (4) отримаємо кінцевий вираз для координат Z_A, Z_C :

$$Z_A = H - \frac{Ba_{A1} \operatorname{tg} \beta_A \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}}{(\operatorname{tg}^2 \alpha_A + \operatorname{tg}^2 \beta_A) \sqrt{F^2 + b_{A1}^2}}, \quad (6)$$

$$Z_C = H - \frac{Ba_{C1} \operatorname{tg} \beta_C \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_C}}{(\operatorname{tg}^2 \alpha_C + \operatorname{tg}^2 \beta_C) \sqrt{F^2 + b_{C1}^2}}. \quad (7)$$

Джерела світла A і C знаходяться на одній прямій з власне вимірювальним перетворювачем дефектоскопа на відстані l одне від одного та на відстані L між джерелом світла

A і вимірювальним перетворювачем. Тому для розрахунків з метою визначення координат власне вимірювального перетворювача використовуємо рівняння прямої лінії, що проходить через дві точки з відомими координатами точок A і C . Якщо відстані L і l знаходяться у співвідношенні $L=2l$ координати вимірювального перетворювача будуть такими:

$$X_{ВП} = 2X_C - X_A = 2 \left(\frac{B \operatorname{tg} \alpha_C}{\operatorname{tg} \alpha_C + \operatorname{tg} \beta_C} \right) - \left(\frac{B \operatorname{tg} \alpha_A}{\operatorname{tg} \alpha_A + \operatorname{tg} \beta_A} \right), \quad (8)$$

$$Y_{ВП} = 2Y_C - Y_A = 2 \left(\frac{B \operatorname{tg} \alpha_C \operatorname{tg} \beta_C}{\operatorname{tg} \alpha_C + \operatorname{tg} \beta_C} \right) - \left(\frac{B \operatorname{tg} \alpha_A \operatorname{tg} \beta_A}{\operatorname{tg} \alpha_A + \operatorname{tg} \beta_A} \right), \quad (9)$$

$$Z_{ВП} = 2 \left(H - \frac{B a_{C1} \operatorname{tg} \beta_C \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_C}}{(\operatorname{tg}^2 \alpha_C + \operatorname{tg}^2 \beta_C) \sqrt{F^2 + b_{C1}^2}} \right) - \left(H - \frac{B \cdot a_{A1} \cdot \operatorname{tg} \beta_A \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}}{(\operatorname{tg}^2 \alpha_A + \operatorname{tg}^2 \beta_A) \sqrt{F^2 + b_{A1}^2}} \right). \quad (10)$$

Точність визначення координат точкових джерел світла і таким чином вимірювального перетворювача залежить від дискретності ПЗЗ матриць. Визначимо похибку визначення координат при використанні оптичних камер з дискретністю ПЗЗ матриць рівній 100 пікселів на 1 мм.

Нехай точкове джерело світла має такі координати: $X=0,5$ м, $Y=1$ м. При цьому, згідно (1), значення кута α повинно становити $63^{\circ}30'$ або 1,1077 рад. Розрахуємо зміну значення ординати Y , якщо точність визначення центру оптичної проекції світла точкового джерела становить ± 1 піксель.

При неточності встановлення центру оптичної проекції в 1 піксель (0,01 мм) ПЗЗ матриці при фокусній відстані об'єктиву $F=10$ мм додатковий кут згідно (1) становить:

$$\pm \Delta \alpha = \pm \operatorname{arctg} \left(\frac{0,01}{10} \right) = \pm 0,001 \text{ рад, } (\pm 0,083^{\circ} = \pm 5').$$

Таким чином, кут α стає рівним $63^{\circ}35'$ або $63^{\circ}25'$, а значення $\operatorname{tg} \alpha$ дорівнює 2,013 або

1,9985 і це приводить до похибки визначення ординати Y при незмінній абсцисі $X=0,5$ м, що становить $(6,5 \div 7,5)$ мм. Така неточність визначення ординати Y для даного прикладу становить 0,75%.

Зрозуміло, що значення похибки буде меншим при відповідно менших величинах координат положення вимірювального перетворювача (меншій базі вимірювання) та при використанні оптичних систем з більшою дискретністю ПЗЗ матриць.

ВИСНОВКИ

Використання оптичних систем з ПЗЗ матрицями у фокальних площинах об'єктивів дозволяє виконувати дистанційне автоматичне визначення просторових координат положення вимірювального перетворювача дефектоскопа при виконанні неруйнівного контролю дефектоскопістом у так званому ручному режимі.

При використанні системи дистанційного автоматичного визначення координат вимірювального перетворювача у цифрову пам'ять комп'ютера записується перетворений у цифровий код вихідний сигнал дефектоскопа разом з координатами положення вимірювального перетворювача. Це забезпечує об'єктивність контролю та можливість використання зафіксованої інформації при виконанні моніторингу конструкцій.

Розглянута в даній статті вимірювальна система дистанційного визначення координат здатна знайти застосування для автоматичного запису у комп'ютерну пам'ять всього процесу виконаного контролю об'єктів з використанням дефектоскопів любого типу.

Література

1. Маєвський С.М., Серий К.М. Автоматизація визначення координат для документування результатів неруйнівного контролю при ручному скануванні // Методи та прилади контролю якості. – 2002. – №9. – С. 18-20.

Поступила в редакцію 01.04.2009р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Маєвський С. М.