

тунельних діодах є не регенеративними, тому забезпечити їх стійку роботу значно простіше;

- МШП повинен забезпечувати рівномірне посилення в усьому робочому діапазоні з нерівномірністю амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) ± 1 дБ і мати лінійну фазочастотну характеристику (ФЧХ);

- моделювання компонентів МШП дозволяє проводити процес вимірювання НВЧ параметрів, у тому числі S -параметрів транзисторів, та дозволяє досить швидко одержати структурну модель проєктованого приладу на основі безструктурних моделей серійних транзисторів

Література

1. Руденко В. М. Малошумящие входные цепи СВЧ приемных устройств / В. М. Руденко, Д.Б. Халяпин. – М. Техника, 1971. – 280с.
2. Силаев М.А. Модели СВЧ - транзисторов и диодов для САПР. Анализ и проектирование СВЧ - устройств на IBM – совместимых персональных компьютерах. - М. : ВАТ «НИЭМИ», 2003. - 113 с.
3. Бойко Ю.М. Концептуальні особливості реалізації безпроводних сенсорних мереж /Ю.М. Бойко, В.В. Мішан // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький. – Технічні науки. – Хмельницький, 2010. – №2. – С. 14-18.

Надійшла 9.1.2011 р.

УДК 620.1.08

В.П. ПАСІЧНИК, О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ
Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ МАТЕРІАЛІВ В УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

В роботі проаналізовано основні методи ультразвукової дефектоскопії, показано розрахунок основних інформативних параметрів, наведено схеми практичної реалізації методів та визначено основні переваги та недоліки цих методів.

The basic methods of ultrasonic defectoscopy are in-process analysed, the calculation of basic informing parameters is rotined, the charts of practical realization of methods and certainly basic advantages and lacks of these methods are resulted.

Ключові слова: ультразвук, ехо-метод, ЗТМ, дефектоскопія, дефект, п'єзоелектричний перетворювач, зондуєчий імпульс, донний сигнал, поздовжня і поперечна хвиля.

Вступ

Постійний розвиток промисловості, вдосконалення технологій та засобів виробництва зумовлює необхідність виробництва матеріалів з високими показниками якості. Використання методів контролю потребує вдосконалення процесу вимірювання та підвищення точності контролю.

Метою статті є аналіз існуючих видів ультразвукового контролю в дефектоскопії. В основі ультразвукової дефектоскопії лежить явище вторинного випромінювання, яке виникає при зустрічі падаючої хвилі з неоднорідностями у досліджуваному матеріалі. Серед методів дослідження розрізняють ехо-метод, дзеркальний, дзеркально-тінювий, тінювий і дельта-метод.

Основний розділ

Ехо-метод базується на випромінюванні в контрольований виріб коротких зондуєчих імпульсів і реєстрації ехо-сигналу, відбитого від дефекту. Для отримання інформації про виявлений дефект вимірюють його основні характеристики: макс. амплітуда U ехо-сигналу (еквівалентна площа S_e), координати розташування дефекту, умовні розміри, орієнтація в просторі та форма дефекту.

Амплітуда ехо-сигналу визначається розмірами, орієнтацією, конфігурацією і шорсткістю відбиваючої поверхні, глибиною залягання дефекту. Для приблизної оцінки амплітуди ехо-сигналу від реальних дефектів останні замінюються еквівалентними моделями у вигляді відбивачів правильної геометричної форми. В дефектоскопії використовуються як прямі (рис. 1), так і похилі шукачі (перетворювачі), тому доцільно навести вирази для них окремо. Розрахунок амплітуди вторинного випромінювання (відбитого від дефекту сигналу) прямим шукачем [4]:

$$U = U_0 D_{1l} S_a \left(A b^y / \lambda_t^z \right) (1/r) (1/r^q) e^{-2\delta_1 r}$$

розрахунок амплітуди вторинного випромінювання похилим шукачем [4]:

$$U = U_0 D_{1l} (\beta) \left(S_a \cos a_0 / \cos \beta \right) \left(A b^y / \lambda_t^z \right) \left[1/(r + \Delta r) \right] \left[1/(r + \Delta r)^q \right] e^{-2 \left(\begin{matrix} \delta_1 & tr + \delta_1 r_1 \\ 1 & \end{matrix} \right)}$$

де U_0 – амплітуда зондуєчого імпульсу; D_{1l}, D_{lt} – коефіцієнти прозорості межі шукач-метал; S_a –

площа п'єзоелектричного перетворювача; b – розмір відбивача (моделі дефекту); α_0 – кут нахилу акустичної осі; λ_l, λ_t – довжина повздовжньої і поперечної хвилі відповідно; r – відстань ультразвуку в металі від шукача до відбивача (дефекту); δ_l, δ_t – коефіцієнти затухання повздовжньої і поперечної хвилі в контрольованому матеріалі відповідно; δ_l – коефіцієнти затухання повздовжньої хвилі в матеріалі призми похилого шукача; r_1 – середній шлях ультразвуку в призмі похилого шукача; Δr – приведений шлях ультразвуку в призмі похилого шукача. Для визначення глибини залягання дефекту ехо-методом використовують вираз: $h = c_l(t - t_n)/2$ – при прямому шукачі і $h = c_l(t - t_n)\cos \alpha/2$ – при похилому [2]. Для визначення відстані L між точкою вводу ультразвукових коливань та проекцією дефекту на поверхню сканування використовують співвідношення [2]: $L = (c_l t \sin \alpha)/2$. В наведених формулах t – час з моменту випромінювання зондуєчого імпульсу до моменту приходження ехо-сигналу на пластину; t_n – час проходження ультразвуку через протектор у прямому і затримка ультразвуку у призмі відповідно; c – швидкість розповсюдження ультразвукових коливань в матеріалі.

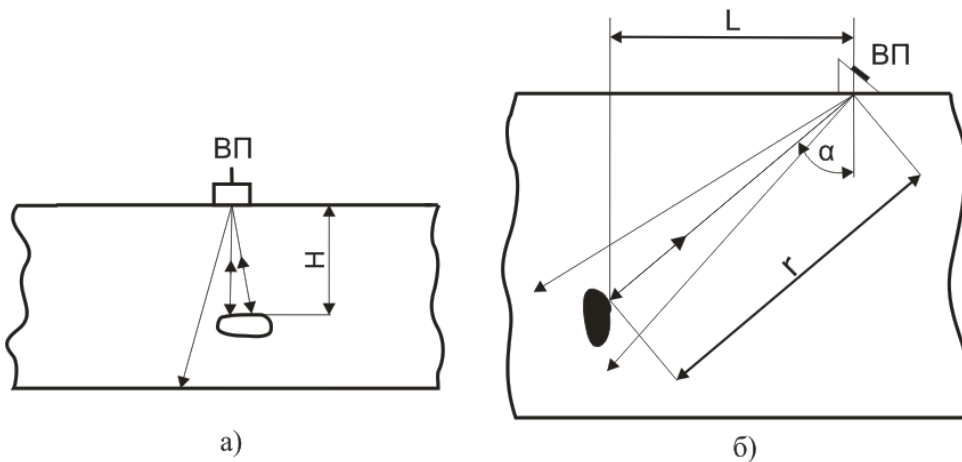


Рис. 1. Реалізація ехо-методу прямим (а), і похилим (б) перетворювачами [1].

Переваги ехо-методу: односторонній доступ до виробу; відносно велика чутливість до внутрішніх дефектів; висока точність визначення координат дефектів.

Недоліки: низька завадостійкість до поверхневих відбивачів; різка залежність амплітуди ехо-сигналу від орієнтації об'єкту; неможливість контролю якості акустичного контакту в процесі переміщення п'єзоелектричних перетворювачів (ПЕП). Відмітною особливістю методу являється реєстрація та аналіз практично усіх сигналів, що приходять після зондуєчих імпульсів.

У **тіньовому методі** для знаходження дефекту використовуються два перетворювачі. Кількісна оцінка вияву дефекту при тіньовому методі визначається відношенням електричних сигналів, що характеризує ослаблення дефектом амплітуди U_n наскрізного сигналу, що пройшов від випромінювача до приймача [1] (рис. 2): U_d – амплітуда сигналу за наявності дефекту. Враховуючи пропорційність електричних і акустичних сигналів, маємо [1]: $U_d/U_n = |p_d/p_n| = p_d/p_n$, зазначене відношення амплітуд лежить в межах від 0 до 1.

Розрахунок акустичного тракту при контролі тіньовим методом зводиться до аналізу ослаблення амплітуди наскрізного сигналу. Наскрізний сигнал p_0 за відсутності дефекту визначається з наступного виразу:

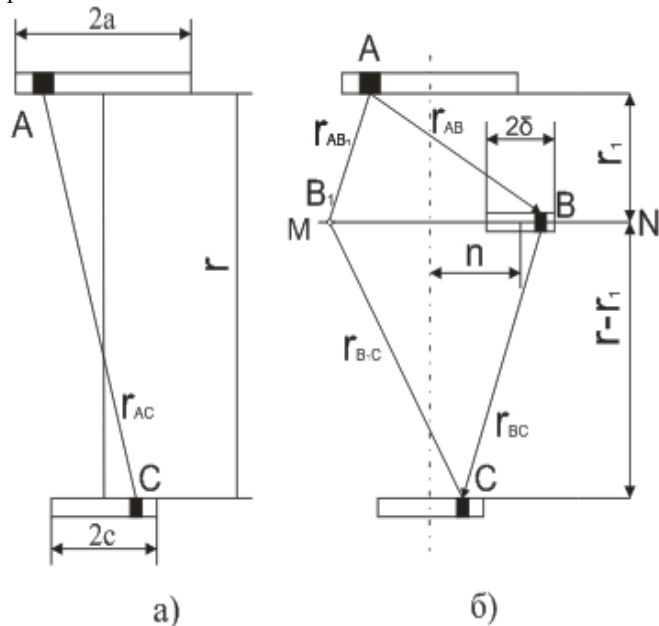


Рис. 2 Реалізація тіньового методу: а – без дефекту, б – з дефектом [1]

$$p_n = \frac{jp_0}{S_c} \int_{S_c} I(a, C) dS_c,$$

де $I(a, C)$ визначає поле випромінювача діаметром $2a$ в точці C приймача [1]. Сигнал, що приймається за наявності об'єкта вираховується наступним чином: визначається тиск в площині дефекту MN , усі точки B площини MN , що не лежать поза дефектом розглядаються як вторинні джерела випромінювання і визначається сумарний сигнал від них до приймача. Для визначення p_d виконується інтегрування по нескінченній площині MN за вирахуванням площі дефекту [1]:

$$P_d = |p_d| = |p_n - p''| = \left| p_n - \frac{p_0}{S_c} \int_{S_b} I(a, B) I'(B, C) ds_b \right|.$$

Тіньовий метод має високу завадостійкість і слабку залежність амплітуди від кута орієнтації дефекту. Недоліком методу являється двосторонній доступ до контрольованого матеріалу; необхідність співвісного розташування перетворювачів; низька чутливість при контролі виробів середньої та великої товщини; відсутність інформації про місцезнаходження дефекту.

Зеркальний метод реалізується при прозвучуванні виробу двома ПЕП, які розміщені таким чином, щоб приймати одним ПЕП сигнал, випромінений іншим ПЕП. Сигнал, відбитий від протилежної сторони виробу і від площини дефекту поступає на приймальну пластину. Особливістю цього методу являється постійність суми [3]:

$$x_1 + x_2 = H \tan \alpha = const.$$

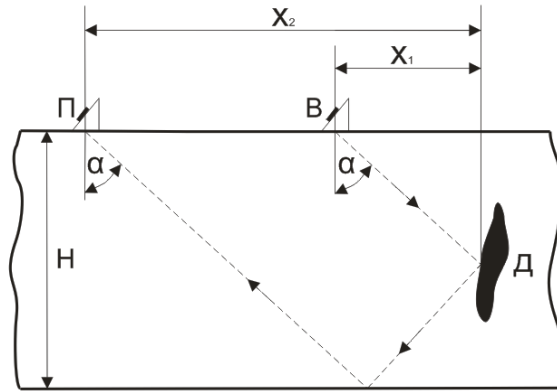


Рис. 3 Зеркальний метод контролю [2].

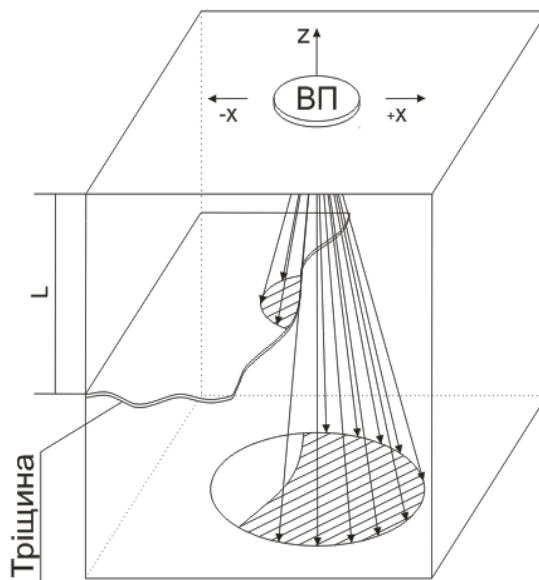


Рис. 4 ЗТМ, озвучування боковою частиною пучка [4].

Відстань між перетворювачами обирається з умови найкращого прозвучування зони імовірного дефекту, при її зміні можна прозвучувати всю товщину виробу [3]. В основному дзеркальний метод доцільно використовувати в поєднанні з ехо-методом, який не має можливості сканування дефектів, розташованих перпендикулярно до поверхні сканування.

В дзеркально-тіньовому методі (ЗТМ) ознакою знаходження дефекту служить ослаблення

амплітуди сигналу, відбитого від протилежної (донної) поверхні. Ослаблення донного імпульсу оцінюється коефіцієнтом ослаблення $K_c = U_d/U_o$, де U_o – амплітуда донного імпульсу за відсутності дефекту, U_d – амплітуда донного імпульсу при розташуванні дефекту в зоні ультразвукового пучка. Кількісно знаходження дефектів оцінюється коефіцієнтом K_d , який характеризує ослаблення донного імпульсу. В ЗТМ також можливе виявлення тріщин озвучуванням боковою частиною ультразвукового пучка. Коли відстань X від краю дефекту до осі променя буде [4]: $|X_0| \approx \text{tg}\varphi_p$ (φ_p – половина кута розкриття основної пелюстки діаграми спрямованості, найчастіше 4° - 7°) донний імпульс починає зменшуватись. При $X_0=0$ коефіцієнт вияву цього дефекту $K_d=0,5$, і коли дефект повністю перекриє промінь $X \geq 2|X_0|$, то $K_d=0$.

Враховуючи [4]: $\text{tg}\varphi_p = \varphi_p$, так як $\varphi_p < 9^\circ$ і $\varphi_p \approx 0,61 \lambda / a \approx 0,61 (c_{l_2} / af)$, отримаємо: $|X_0| \approx 0,61 c_{l_2} (l/af)$. Чутливість способу контролю по другому донному імпульсу до дефектів, що виявляються боковою частиною ультразвукового пучка, більше чутливості способу контролю по першому донному сигналу. ЗТМ являється одним із основних методів дефектоскопії, використовуваних для знаходження дефектів у вигляді вертикальних розшарувань. Недоліком методу є контроль лише плоскопаралельних об'єктів.

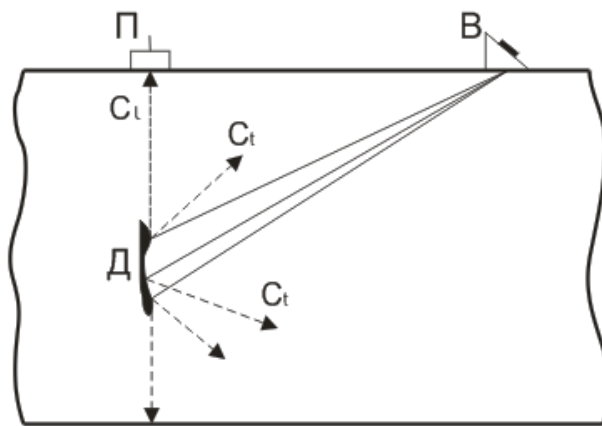


Рис. 6. Реалізація дельта методу [2].

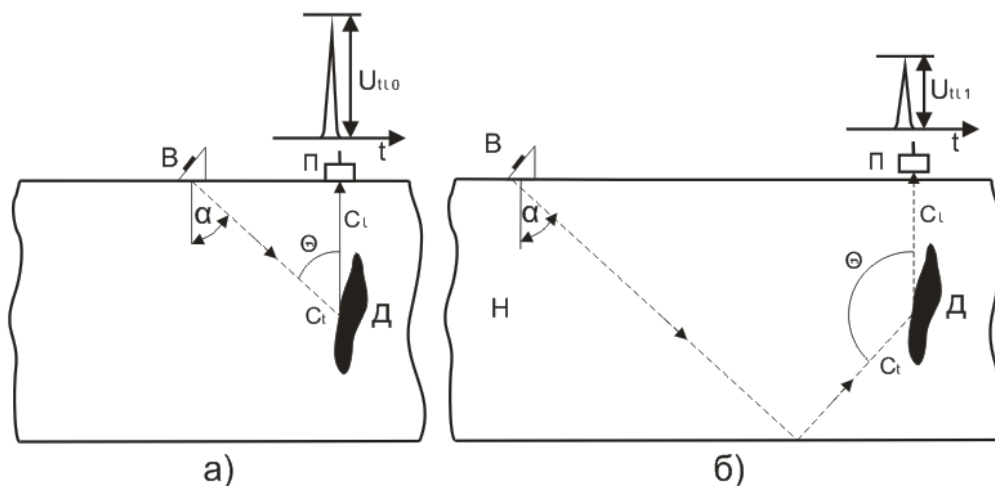


Рис. 7. Процедура реалізації дельта методу при вимірюваннях амплітуд дифрагованої хвилі для розпізнавання дефекту, а – під прямим кутом, б – однократно відбитим променем [2].

Дельта-метод використовує явище дифракції хвиль на дефекті. Частина падаючого на площину дефекту ультразвукового пучка дзеркально відбивається від об'єкту у вигляді поперечної хвилі c_t , частина падаючої енергії пучка дзеркально відбивається, інша частина дифрагує (розсіюється) у вигляді поперечної хвилі чи трансформується в вигляді повздовжньої хвилі c_l . Прямий ПЕП приймає повздовжню хвилю над дефектом. Ознакою наявності дефекту є поява ехо-імпульсу U_{ll} . Амплітуда U_{ll} сигналу дифрагованої хвилі в основному залежить від кута Θ між напрямком падаючої на площину дефекту поперечної хвилі c_t і напрямком прийнятої повздовжньої хвилі c_l . Для розпізнавання конфігурації необхідним являється

прозвучування під кутом до поверхні виробу площини дефекту. При прозвучуванні під прямим кутом [2] $\Theta = \alpha$, а однократно відбитим променем $\Theta = 180^\circ - \alpha$. Вимірюючи максимальні амплітуди сигналів дифрагованої хвилі при озвучуванні прямим U_{i0} і однократно відбитим U_{i1} променями по їх співвідношенню [2]: $\chi = U_{i1}/U_{i0}$ можна в деякій мірі визначати такі типи дефектів: площинні (тріщини), округлі (пори, шлаки), напівплоскісні (пори з тріщинами). Найбільш ефективно дифракція виникає на гострих краях, де сигнали, що приймаються відповідають геометрооптичному віддзеркаленню від дефектів, імпульсів дифрагованих хвиль, можуть представляти собою фіктивні сигнали чи внаслідок неоптимального їх випромінювання і прийому мають порівняно малі амплітуди і не можуть бути детектовані. В зв'язку з складним процесом вимірювання метод використовують лише в експериментальних цілях.

Висновок. В результаті проведеного аналізу методів ультразвукової дефектоскопії виявлено, що найдоцільнішим є використання ехо-методу та ЗТМ, в основному за рахунок високої інформативності сигналу, метрологічних характеристик та високої точності виявлених дефектів. Найкращим варіантом оптимізації цих методів є використання нових типів ПЕП з різними кутами нахилу вводу ультразвукових колив та покращеними технічними параметрами, такими як ширина діаграми спрямованості, параметри мертвої зони, чутливість.

Література

1. Ермолов И. Н. Неразрушающий контроль: в 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля : [практическое пособие] / Алешин Н.П., Потапов А.И. ; под ред. Сухорукова В.В. – М. : Высш. шк., 1991. – 283с.: ил.
2. Марков А.А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов / А.А. Марков, Д.А. Шпагин. – СПб. : "Образование – Культура", 1999. – 230с.
3. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении: [учеб. пособие] / Е.Ф. Кретов – СПб., 1995. – 327 с.
4. Неразрушающий контроль рельсов при их эксплуатации и ремонте / [Гурвич А.К., Довнар Б.П., Козлов В.Б., Круг Г.А., Кузьмина Л.И., Матвеев А.Н.] ; под ред. Гурвича А. К. – М. : Транспорт, 1983. – 318 с.
5. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: справочник: в 7 т. – том 3 : ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге; Под общ. ред. Клюева В.В. – М. : машиностроение, 2004. – 864с.: ил.

Надійшла 17.1.2011 р.

УДК 621.396.963

О.В. МАЗУРЕНКО, О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, К.Л. ГОРЯЩЕНКО
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БОРТОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

У статті розглядається метод підвищення ефективності придушення запиту бічними пелюстками систем управління повітряним рухом, який полягає у використанні двоступеневого рівня придушення. Описується структурна схема цифрового пристрою придушення.

In the article was discussed the method of increasing efficiency of query suppression, which are generated by the sidelobes of the air traffic control system. This method based on the use of two-level of suppression. Structure of digital suppression device was described.

Ключові слова: бічні пелюстки, двоступеневий рівень придушення.

Вступ

В даний час у зв'язку із зростаючою щільністю руху апаратів, що літають, а також застосуванням автоматизованих систем управління повітряним рухом стає вельми актуальним питання зниження вірогідності помилкового запиту відповідачів управління повітряним рухом (УПР).

У сучасних системах УПР придушення помилкового запиту здійснюється завдяки спільній роботі як наземних, так і бортових пристроїв [5].

Основна частина

Відомо, що діаграма спрямованості антени РЛС в горизонтальній площині має бічні пелюстки [1]. Не дивлячись на те, що бічні пелюстки мають меншу потужність випромінювання, проте, бортова система може приймати сигнал і від бічних пелюсток. Як результат – видавати сигнал-відповідь. Така поведінка систем створює складнощі в ідентифікації робочої ситуації на екрані РЛС.

Для придушення запиту від бічних пелюсток використовується відмінність енергетичних рівнів випромінювання головного і бічних пелюсток наземних РЛС [5].

До двох імпульсів запитальної коди P_1 і P_3 (див. рис. 1) випромінюваних направленою антеною, додається третій імпульс P_2 (імпульс придушення), що випромінюється окремою всебічно направленою