

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 677.017

В. Г. Здоренко, д-р техн. наук, проф. ;
С. В. Барилко, асп.

КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТКАНИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО АДАПТИВНОГО ПРИСТРОЮ

Розглянуто методи безконтактного контролю технологічних параметрів тканини. Обґрунтовано доцільність використання ультразвукового безконтактного методу. Наведено структурну схему пристрою, який можна застосовувати для контролю технологічних параметрів тканини.

Вступ та постановка завдання

Наразі актуальним є питання створення теоретичних основ зв'язку технологічних параметрів тканин з параметрами хвиль випромінювання безконтактних пристроїв, що пройшли крізь тканину, або відбилися від її поверхні та на цій основі, тобто створення наукових основ проектування нових адаптивних пристроїв технологічного контролю.

Одними з найперспективніших методів контролю є безконтактні. Основна перевага безконтактних методів — це відсутність механічного контакту перетворювачів безконтактних пристроїв з поверхнею контрольованої тканини. Це дозволяє виключити похибки, пов'язані з вимірюванням геометричних розмірів тканин, з подальшим розрахунком самих контрольованих технологічних параметрів. Іншою перевагою таких методів є здатність не пошкоджувати цілісність самого полотна контрольованої тканини та проводити оперативний технологічний контроль на виробництві. Найбільше для оперативного технологічного контролю, за своїми перевагами і можливостями, підходять радіоізотопний [1] та ультразвуковий методи [2]. Враховуючи недоліки радіоізотопних методів, пов'язаних, в основному, зі шкідливим впливом радіоактивного випромінювання на людину та необхідністю її захисту від нього, найдоцільніше використовувати ультразвукові пристрої контролю.

Безконтактні ультразвукові методи та засоби [3], які можна використовувати для контролю технологічних параметрів тканин, поділимо на дві основні групи: методи та засоби з безперервним випромінюванням ультразвукових хвиль і методи та засоби з імпульсним випромінюванням. В ультразвукових пристроях, які використовують безперервне випромінювання [4], можуть виникати похибки вимірювання. Наприклад, похибки через накладання хвиль безперервного сигналу (може відбуватися явище стоячої хвилі, яке небажане під час вимірювання та контролю), а також можуть з'являтися похибки через складність обробки вимірювальної інформації. Усе вищеперераховане ускладнює вимірювання та контроль необхідних технологічних параметрів в процесі виробництва. Ультразвукові пристрої [5], які базуються імпульсному випромінюванні, мають переваги порівняно з попередніми. За допомогою ультразвукових пристроїв з імпульсним випромінюванням необхідні технологічні параметри можна визначати за зміною амплітуди, фази або часовими характеристиками ультразвукових коливань. Також можна отримувати вимірювану величину в результаті аналізу амплітудних та фазових співвідношень ультразвукових коливань, які випромінювались та були прийняті приймачем після проходження ними тканини та відбиття їх від неї.

Отже, можна зробити висновок, що для контролю технологічних параметрів з імпульсним випромінюванням доцільно застосовувати, ультразвуковий адаптивний пристрій.

Результати досліджень

До основних технологічних параметрів тканини можна віднести поверхневу щільність η , лінійну щільність T_o ниток основи та лінійну щільність T_y ниток утку. Для того, щоб проводити

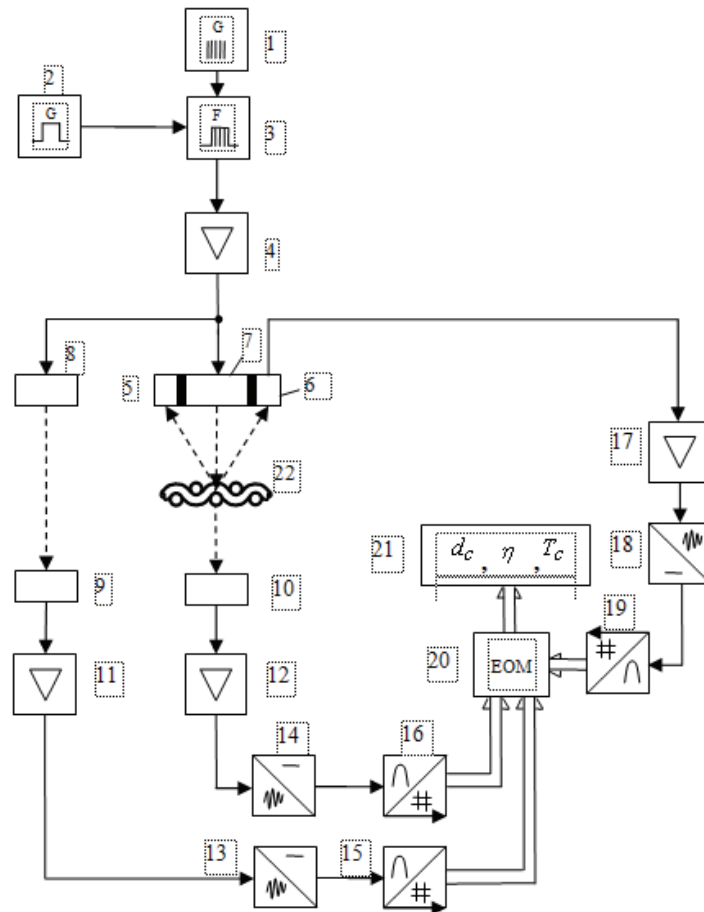
безконтактний ультразвуковий контроль різних технологічних параметрів тканини, спочатку необхідно за допомогою ультразвукового випромінювання визначити розмір середнього діаметра d_c ниток основи та утку контрольованої тканини та щільність розміщення їх в її структурі.

Як показали дослідження, відношення середнього діаметра d_c ниток тканини до середньої довжини сторони ℓ квадратної наскрізної пори тканини, можна показати як

$$\frac{\sqrt{K}}{2} = \frac{d_c}{\ell}, \quad (1)$$

де K — коефіцієнт, який враховує відстані та об'єм повітря між нитками основи, утку та їх деформацію в переплетінні між собою.

На рисунку показана структурна схема ультразвукового адаптивного пристрою контролю технологічних параметрів тканин.



Структурна схема ультразвукового адаптивного пристрою контролю технологічних параметрів тканин

Пристрій містить генератор електричних коливань стабільної частоти 1, генератор прямокутних імпульсів 2, виходи яких з'єднані з входами формувача зондуєчих імпульсів 3, який з'єднаний через підсилювач потужності 4 з випромінювачем 7 п'єзоперетворювача 5, вихід підсилювача потужності 4 також з'єднаний з випромінюючим п'єзоперетворювачем 8, вихід приймаючого п'єзоперетворювача 9 підключений до входу підсилювача 11, який з'єднаний із входом пікового детектора 13, який підключений до аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 15, вихід якого з'єднаний з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ) 20, до якої підключений монітор 21, вихід приймаючого п'єзоперетворювача 10 з'єднаний з підсилювачем потужності 12, послідовно з'єднаного з входом пікового детектора 14, вихід якого з'єднаний з АЦП 16, який підключений до ЕОМ 20. Вихід приймача 6 п'єзоперетворювача 5 підключений до підсилювача потужності 17, послідовно з'єднаного з входом пікового детектора 18, вихід якого підключений до АЦП 19. Вихід АЦП з'єднаний з ЕОМ 20, контролювана тканина 22.

Пристрій працює так: електричні коливання з виходу генератора 1 перетворюються за допомогою генератора прямокутних імпульсів 2 та формувача 3 у зондуючі імпульси, підсилені підсилювачем 4 за потужністю вони надходять на випромінювач 7 п'єзоперетворювача 5. Контрольовану тканину 22 вводять між випромінювачем 7 п'єзоперетворювача 5 та приймальним п'єзоперетворювачем 10 вимірального ультразвукового каналу. Ультразвукові коливання, з випромінювача 7 п'єзоперетворювача 5, потрапляють до приймального п'єзоперетворювача 10, після проходження ними контрольованої тканини 22. Амплітуда електричних коливань, які утворилися після проходження ультразвукового сигналу крізь контрольовану тканину 22, пропорційна амплітуді зазначених ультразвукових хвиль, а після підсилення підсилювачем 12 напруга електричних коливань U_1 , що детектується піковим детектором 14, потрапляє до АЦП 16, за допомогою якого перетворюється у цифровий код N_1 . Враховуючи коефіцієнти передачі різних ланок пристрою, напругу U_1 та цифровий код N_1 можна представити у такому вигляді:

$$N_1 = \frac{U_1}{r_1} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{K \eta f \cos v}{\rho_1 c_1} \right)^2}} \frac{U_m}{r_1}, \quad (2)$$

де U_m — амплітуда напруги електричних коливань генератора 1; K_1 — коефіцієнт перетворення електричних коливань в зондуючі імпульси після проходження блока 3; K_2 — коефіцієнт підсилення підсилювача 4; K_3 — коефіцієнт перетворення блоків 7, 10; K_4 — коефіцієнт підсилення підсилювача 12; K_5 — коефіцієнт детектування пікового детектора 14; v — кут між вектором хвилі, що відбивається від тканини у бік приймального перетворювача (перетворювача ультразвукового сигналу в електричну напругу), та самою тканиною; f — частота ультразвукових коливань; ρ_1, c_1 — об'ємна щільність повітря та швидкість розповсюдження в ньому ультразвукової хвилі; r_1 — одиниця молодшого розряду АЦП 16.

Зондувальні імпульси, після підсилення їх підсилювачем 4, також подаються на випромінюючий п'єзоперетворювач 8, за допомогою якого перетворюються в ультразвукові коливання, які проходять навколишнє середовище (повітря) та потрапляють на приймальний п'єзоперетворювач 9. Електричні коливання, які утворилися за допомогою приймаючого п'єзоперетворювача 9, після підсилення їх підсилювачем 11, потрапляють до пікового детектора 13, де детектується напруга U_0 , яка потрапляє до АЦП 15, за допомогою якого ця напруга перетворюється у цифровий код N_0 . Амплітуда напруги U_0 пропорційна амплітуді ультразвукових хвиль, які падають на контрольовану тканину 22, тоді напругу U_0 та цифровий код N_0 , враховуючи коефіцієнти передачі різних ланок пристрою, можна представити у такому вигляді:

$$N_0 = \frac{U_0}{r_2} = \frac{K_1 K_2 K_6 K_7 K_8 U_m}{r_2}, \quad (3)$$

де K_6 — коефіцієнт перетворення блоків 8, 9; K_7 — коефіцієнт підсилення підсилювача 11; K_8 — коефіцієнт детектування пікового детектора 13; r_2 — одиниця молодшого розряду АЦП 15.

Ультразвукові коливання, які відбиваються від контрольованої тканини 22 та потрапляють на приймач 6 п'єзоперетворювача 5, де перетворюються в електричні коливання, підсилені у 17, потрапляють до пікового детектора 18, де детектується напруга U_2 , яка потрапляє до АЦП 19, за допомогою якого ця напруга перетворюється у цифровий код N_2 . Напругу U_2 та цифровий код N_2 можна подати як

$$N_2 = \frac{U_2}{r_3} = K_1 K_2 K_9 K_{10} K_{11} \frac{K_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{\rho_1 c_1}{K \eta f \cos v} \right)^2}} \frac{U_m}{r_3}, \quad (4)$$

де K_9 — коефіцієнт перетворення блоків 7, 6; K_{10} — коефіцієнт підсилення підсилювача 17;

K_{11} — коефіцієнт детектування пікового детектора 18; K_p — коефіцієнт контрольованої тканини 22, що характеризує надходження відбитого ультразвукового сигналу до приймача коливань від структурних показників тканини 22 та їхнього положення відносно самого приймача; r_3 — одиниця молодшого розряду АЦП 19.

Цифрові коди N_0 , N_1 , N_2 записуються в пам'ять ЕОМ 20.

Визначити зміну значення коефіцієнта K контрольованої тканини 22 можна за зміною величини напруги U_2 , або за зміною цифрового коду N_2 , відносно напруги U_2^* , або відносно цифрового коду N_2^* під час контролю еталонної тканини.

Значення коефіцієнта K_0 еталонної тканини враховує відстані та об'єм повітря між нитками основи, утку, а також їх деформацію в переплетінні між собою. Цей коефіцієнт визначається один раз та вводиться в пам'ять ЕОМ 20, а значення коду N_2^* записується в пам'ять ЕОМ 20 під час контролю еталонної тканини. За напругами, які представлені цифровими кодами, з урахуванням зміни коефіцієнта K та з величиною $\rho_1 c_1 / (f \cos v) = m$, яка вводиться в пам'ять ЕОМ 20 також, з адаптацією до структури контрольованої тканини 22 та до навколишнього середовища (повітря), поверхнева щільність η визначається в ЕОМ 20 таким чином:

$$\eta = \frac{\rho_1 c_1 U_0^* U_2^* \sqrt{\left(\frac{K_1 K_2 K_6 K_7 K_8 U_m U_1^{**}}{U_1 U_0} \right)^2 - 1}}{K_0 U_0 U_2 f \cos v} = \frac{\left(N_3 N_2^* \sqrt{\left(\frac{N_0 N_4}{N_1} \right)^2 - 1} \right) \frac{m}{K_0}}{N_2}; \quad (5)$$

$$N_3 = \frac{N_0^*}{N_0}; \quad N_4 = \frac{N_1^{**}}{N_0},$$

звідки $U_0^* = U_0$ та $N_0^* = N_0$ за таких самих параметрів середовища, як у середовища під час контролю еталонної тканини, а $U_1^{**} = U_1$ та $N_1^{**} = N_1$ за відсутності під час вимірювання будь-якої тканини у вимірювальному каналі, з параметрами навколишнього середовища такими, як під час контролю тканини 22. Код N_0^* записується в пам'ять ЕОМ 20 один раз, а код N_1^{**} записується в пам'ять ЕОМ 20 перед кожним вимірюванням параметрів контрольованої тканини 22.

У разі відсутності контрольованої тканини 22 у вимірювальному каналі, коли $U_2 = 0$ значення коду N_2 в пам'яті ЕОМ 20 залишається з попереднього вимірювання, тоді за виразом (5) обчислюється та відображається на моніторі 21 $\eta = 0$.

За допомогою цифрових кодів, які були записані під час вимірювання поверхневої щільності η , визначаються й інші параметри тканини.

Середній діаметр d_c ниток тканини 22 визначається за допомогою пристрою, з урахуванням зміни параметрів навколишнього середовища за допомогою відбитого ультразвукового сигналу, з такого виразу:

$$d_c = \frac{\ell_{e.m.} \sqrt{K}}{2} = \frac{\ell_{e.m.} \sqrt{\frac{U_2 U_0}{U_2^* U_0^*} K_0}}{2} = \frac{\ell_{e.m.} \sqrt{\frac{N_2}{N_2^* N_3} K_0}}{2}, \quad (6)$$

де середня довжина $\ell_{e.m.}$ пори еталонної тканини вводиться в пам'ять ЕОМ 20 (як показали дослідження, для контрольованих тканин з поверхневою щільністю η , яка знаходиться в діапазоні від $\eta = 120$ г/м² до $\eta = 280$ г/м², при більшій довжині сторони квадратної наскрізної пори еталонної тканини за довжину сторони пори контрольованої тканини $\ell_{e.m.} > \ell_{k.m.}$, можна визначити точно середній діаметр d_c ниток з відносною похибкою 5 %).

Також визначається і середня лінійна щільність T_c ниток основи та утку ($T_c = (T_o + T_y)/2$)

тканини 22, яка обчислюється з такого виразу:

$$T_c = \frac{\rho_2 \pi d_c^2}{4K_V} = \frac{m \ell_{e.m.} K_0 \sqrt{\left(\left(\frac{N_0 N_4}{N_1} \right)^2 - 1 \right) \frac{N_2^* N_3}{N_2 K_0}}}{4\pi}, \quad (7)$$

де ρ_2 — об'ємна щільність тканини; K_V — коефіцієнт об'єму повітря між нитками основи та утку.

Отже, за допомогою ультразвукового адаптивного пристрою та за виразами (5), (6), (7) можна визначати технологічні параметри тканин, безпосередньо в процесі виробництва.

Висновки

Показано, що для контролю технологічних параметрів тканини доцільно застосовувати ультразвукові адаптивні пристрої, оскільки вони не мають таких недоліків, які мають основні аналогічні безконтактні засоби контролю. Зазначені пристрої можуть підлаштовуватися як до зміни структури контрольованих тканин, так і до зміни параметрів навколишнього середовища, що є важливим у безконтактному технологічному контролі безпосередньо в процесі виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шумиловский Н. Н. Применение ядерных излучений в устройствах автоматического контроля технологических процессов / Н. Н. Шумиловский, Л. В. Мельцер. — М.—Л. : Госэнергоиздат, 1958. — 96 с.
2. Костюков А. Ф. Исследование влияния упорядоченного множества волокон на волновые соотношения ультразвука / А. Ф. Костюков // Вестник АГАУ. — 2011. — № 5. — С. 90—94.
3. Шкарлет Ю. М. Бесконтактные методы ультразвукового контроля / Ю. М. Шкарлет. — М. : Машиностроение, 1974. — 57 с.
4. Скучик Е. Основы акустики. В 2 т. / Е. Скучик. — М. : Мир, 1976. — Т. 2. — 546 с.
5. Костюков А. Ф. Приборы и методы лабораторного контроля основных технологических параметров сельскохозяйственных волокон с помощью ультразвука / А. Ф. Костюков // Вестник АГАУ. — 2011. — № 3. — С. 95—98.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Стаття надійшла до редакції 22.03.2013

Рекомендована до друку 1.04.2013

Здоренко Валерій Георгійович — професор, **Барилко Сергій Віталійович** — аспірант.

Кафедра автоматизації та комп'ютерних систем, Київський національний університет технологій та дизайну, Київ