

до складу комітету, наведена в табл. 2.

Висновки

Побудована нейромережева модель виявлення технологічних подій, що дає змогу

здійснювати аналіз технологічних часових рядів з метою моніторингу дифузійного відділення.

У статті описано застосування комплек-

Таблиця 2

Архітектура нейронних мереж

	Вхідний шар	Прихований шар	Вихідний шар
Кількість нейронів	64	15	15
Функція активації		Гіперболічний тангенс	Лінійна

су методів Data Mining, нейромережевих і нечітких технологій кластеризації і класифікації, методів сегментації і вейвлет-аналізу, за спільного застосування яких можна домогтися розпізнавання більш ніж 75% відомих ситуацій у дифузійному відділенні. Розроблена система надає можливість розширити кількість класів подій, що розпізнаються; подолати обмеження щодо прийняття гіпотези (умовної) стаціонарності процесу; отримати кількісний опис і характеристики технологічних подій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в

системах керування виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – №2(23). – С. 48–52.

2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

3. Зігунов О.М., Кишенько В.Д. Фільтрація оперативної інформації в підсистемі технологічного моніторингу дифузійним відділенням цукрового заводу // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2010. – 1/7 (43). – С. 10–13.

4. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 528 с.

5. Дебок Г., Кохонен Т. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт // Пер. с англ. – М.: Издательский Дом «АЛЬПИНА», 2001. – 317 с.

УДК 681. 330. 888

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНВАРІАНТНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОГО РІВНЕМІРА НА СТОЯЧІЙ ХВИЛІ В СИСТЕМІ НОРМАЛІЗАЦІЇ МОЛОКА В ЄМНОСТЯХ



О.Й. Рішан, канд. техн. наук,
Ю.М. Бородкіна

Постановка проблеми. Масова доля жиру в молоці – основний параметр, який визначає

його склад і харчову цінність. Концентрацію жиру в молоці враховують під час оплати як

за сировину (незбиране молоко), так і особливо за якість кінцевої продукцію під час реалізації – нормалізоване молоко, жирність якого необхідно підтримувати з похибкою $\pm 0,06\%$. Тому державним стандартом на молоко і технологічними інструкціями передбачається постійний контроль цього параметра. Для забезпечення випуску нормалізованого молока заданої якості за вмістом жиру при одночасній економії вершків, доцільно виконувати нормалізацію молока в ємності з використанням ультразвукового інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі, який гарантує високу роздільну здатність вимірювання рівня в повітрі. При цьому попередньо знежирене молоко й отримані при цьому вершки, які знаходяться в окремих ємностях, надходять по чергово в ємність нормалізації (див. рисунок). При відомому (сталому) поперечному перерізі ємності нормалізації необхідна жирність молока на фасування досягається тільки необхідним рівнем знежиреного молока і відповідним йому рівнем добавлених вершків. Таким чином, висока точність вимірювання об'ємної концентрації вершків у цьому випадку забезпечується рівнемірною з високою дозвільною здатністю, що контролює заповнення обох компонент до заданого рівня [1].

Однією з особливостей ультразвукового інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі є незольованість від навколишнього середовища акустичної зони вимірювання. Отже, на цю зону відбувається вплив навколишнього середовища під час вимірювання відхилення рівня від номінального значення. Зона вимірювання (зона стоячої хвилі) утворюється між поверхнею молока, яка використовується як відбиваюча поверхня, і площиною випромінювання – приймання акустичної головки, яка вміщує випромінювач і приймач. Основними факторами збурення на зону вимірювання є зміна швидкості потоків повітря в цій зоні (турбулентність) і зміна його температури, що спричинює додаткові

похибки в результатах вимірювань рівня. Вплив цих факторів пояснюється заповненням зони вимірювання неоднорідністю повітряних потоків і температури. Якщо величина неоднорідності порівняна з довжиною хвилі, то ультразвукові хвилі розсіюються на ній, а коли неоднорідність набагато більша від довжини хвилі, випромінюваний промінь заломлюється на ній. Це призводить до змін як інтенсивності ультразвукових коливань стоячої хвилі на приймачі, так і фази коливань на ньому, а отже, до виникнення додаткових похибок.

Найбільш загальна формула для середнього значення зміни квадрата логарифма амплітуди сигналу $\overline{Y^2}$ на приймачі, яка враховує турбулентність повітряного середовища зони вимірювання, дорівнює:

$$\sqrt{\overline{Y^2}} = 2,3 \frac{A * \sqrt{H^3}}{C * \sqrt[6]{K^7} * \sqrt[6]{\lambda^7}}, \quad (1)$$

де A – характеристика турбулентності $[(\sqrt[3]{M^2})/C]$;

K – стала, що визначається типом середовища і його розмірами;

λ – довжина хвилі [м];

C – швидкість розповсюдження ультразвуку [м/с];

H – відстань між поверхнями випромінювання-приймання і молока [м].

Якщо врахувати, що вихідна відстань $H_{0(\text{вих.})}$ між площиною випромінювання-приймання і відбиваючою поверхнею молока, яка встановлюється перед початком вимірювань, визначається за формулою:

$$H_{0(\text{вих.})} = (4n - 1) (\lambda/8), \quad (2)$$

а також врахувати, що залежність між швидкістю C розповсюдження ультразвукових коливань у повітряному середовищі і відхиленням $\pm \Delta t_x$ температури цього середовища від температури 0°C має вигляд:

$$C = C_0 \pm 0,6 \Delta t_x, \quad (3)$$

то, виразивши довжину λ ультразвукової хвилі

через її частоту F_B випромінювання і швидкість C , можемо отримати умовний фазовий зсув Δh_t у зоні вимірювання, який спричинено зміною температури в ній:

$$\begin{aligned} \Delta h_t &= N_{0(tx)} - N_{0(твих.)} = \\ &= (4n - 1) (C_0 \pm 0,6 \Delta t_x) (1/8F_B) - \\ &- (4n - 1)(C_0 \pm 0,6 \Delta t_{вих}) (1/8F_B) = \\ &= 0,075 (4n - 1) (\Delta t_{хг} / 8F_B), \end{aligned} \quad (4)$$

де $N_{0(твих.)}$ – вихідна відстань між випромінюючою і відбиваючою поверхнями при температурі в зоні вимірювання на момент налаштування рівнеміра; $N_{0(tx)}$ – вихідна відстань між випромінюючою і відбиваючою поверхнями при довільній температурі в зоні вимірювання рівнеміра в процесі експлуатації; $\pm \Delta t_{хг}$ – відхилення температури в зоні вимірювання від температури $\Delta t_{вих}$ в момент налаштування рівнеміра; $C_0 = 331,3$ м/с – швидкість ультразвуку при температурі повітря 0°C і атмосферному тиску 760 мм.рт.ст.; 0,6 – постійна [м/(с* $^\circ\text{C}$)].

Додаткові похибки рівнеміра за формулою (1) за зміни швидкості потоків повітря (турбулентності) на кожні 10 м/с становлять $\pm 0,3$ мм, а в разі зміни температури за формулою (4) знаходяться в межах $\pm 0,24$ мм при відхиленні температури в зоні вимірювання від вихідного її значення на $\pm 10^\circ\text{C}$.

Мета статті – розробка функціональної схеми інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі, що реалізує конструктивні способи компенсації впливу неоднорідності повітряних потоків і їхньої температури на його зону вимірювання.

Виклад основного матеріалу. З метою зниження впливу на зону вимірювання зміни швидкості повітряних потоків, які спричинюють зміну амплітуди приймача при незмінному рівні, розроблено оригінальний метод виділення цього впливу і його компенсація. Суть методу – в одночасному використуванні інформації у двох точках стоячої хвилі, які віддалені одна від одної по осі випроміню-

вання і приймання ультразвукових коливань на чверть довжини випромінюваної хвилі. Характерною особливістю таких точок є те, що сума квадратів тисків у цих точках є постійною. Метод компенсації реалізується у первинному вимірювальному перетворювачі (ПВП) за допомогою двох приймачів, один із яких зсунутий по осі випромінювання-приймання щодо приймача, що знаходиться в площині випромінювача, на чверть довжини хвилі. Дійсно, якщо використати значення амплітуди тиску по осі стоячої хвилі на площину випромінювання $P(h)$ [3] і тиск у точці $P(h+\lambda/4)$, що зміщена по осі випромінювання-приймання на $\lambda/4$, то сума квадратів тисків у таких точках (з урахуванням співвідношення між тиском P , інтенсивністю I_0 вихідного випромінювання й акустичним опором ρC : $P = 2\sqrt{(2 \rho C I_0)}$, дорівнює:

$$\begin{aligned} P^2(h) + P^2(h+\lambda/4) &= \\ &= [2\sqrt{(2 \rho C I_0)} \cos(h)]^2 + \\ &+ [2\sqrt{(2 \rho C I_0)} \cos(h+\lambda/4)]^2 = \\ &= [2\sqrt{(2 \rho C I_0)} \cos(h)]^2 + \\ &+ [2\sqrt{(2 \rho C I_0)} \sin(h)]^2 = \\ &= 8 * \rho C * I_0. \end{aligned} \quad (5)$$

Відповідно можна отримати залежність для суми квадратів амплітуд сигналів приймачів вимірювального $U(h)$ і додаткового $U(h+\lambda/4)$, що зсунутий по осі випромінювання-приймання стоячої хвилі на $\lambda/4$:

$$\begin{aligned} U^2(h) + U^2(h+\lambda/4) &= \\ &= 8 * \rho C * I_0 * K_{np}, \end{aligned} \quad (6)$$

де $K_{np} = K_{np(h)} = K_{np(h+\lambda/4)}$ – загальний коефіцієнт перетворення приймачів, після їхнього нормування.

Таким чином, сума квадратів тисків у двох точках у стоячій хвилі, що віддалені одна від одної на $\lambda/4$, постійна та пропорційна інтен-

сивності I_0 і відповідно сума квадратів нормованих сигналів приймачів, що вимірюють тиск у цих точках, не залежить від зміни відстані між площиною випромінювання-приймання акустичної головки і відбиваючою поверхнею молока, що спричинюється зміною рівня останнього. Водночас відхилення цієї суми від вихідного значення згідно з (6) зумовлюється впливом тих факторів збурення, які змінюють амплітуду приймачів без зміни довжини хвилі в зоні вимірювання, і ці збурення усуваються зі зміною інтенсивності коливань, що випромінюються.

Для стабілізації довжини хвилі в зоні вимірювання інтерференційного рівнеміра на стоячій ультразвуковій хвилі розроблено метод, який підтримує незмінною довжину хвилі. Суть методу в тому, що по різниці модулів акустичних тисків P у двох точках стоячої хвилі, які віддалені одна від одної по осі випромінювання-приймання ультразвукових коливань на половину довжини хвилі, змінюється частота випромінюваних коливань. Загалом, різниця тисків ΔP у таких точках стоячої хвилі, якщо довжина хвилі отримує від дії збурення деякий приріст $\pm\Delta\lambda$, дорівнює:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P(h+\lambda/2) + P(h) = \\ &= P\cos[(2\pi/\lambda)(h+\lambda/2)] + \\ &+ P\cos(2\pi h/\lambda) = \\ &= 2P\cos\{(2\pi h)/\lambda + \\ &+ (\pi\lambda)/[2(\lambda\pm\Delta\lambda)]\} * \\ &* \cos\{(\pi\lambda)/[2(\lambda\pm\Delta\lambda)]\}, \end{aligned} \quad (7)$$

де $P(h)$ – тиск у стоячій хвилі в площині випромінювання-приймання;

$P(h+\lambda/2)$ – тиск у точці, що віддалена від площини випромінювання-приймання на відстань $\lambda/2$;

λ – розрахункове значення довжини хвилі в зоні вимірювання для конкретних умов налаштування ПВП.

Залежність (7) показує, що в разі, коли $\pm\Delta\lambda$ не дорівнює нулю, то не дорівнює нулю і $\cos\{(\pi\lambda)/[2(\lambda\pm\Delta\lambda)]\}$ і $\Delta P \neq 0$, а зміна знака

$\cos\{(\pi\lambda)/[2(\lambda\pm\Delta\lambda)]\}$ дає змогу визначити в який бік відбувається зміна довжини хвилі в зоні вимірювання щодо її значення в момент налаштування ПВП. За аналогією з (6) – різниця сигналів на приймачах теж визначається залежністю (7), але помноженою на загальний коефіцієнт K_{np} перетворення приймачів, після їхнього нормування.

У разі теоретичного обґрунтування можливості отримання різниці сигналів відповідно до зміни довжини хвилі за залежністю (7), взято суму сигналів тисків. Це пояснюється тим, що у двох точках стоячої хвилі, що віддалені по осі випромінювання-приймання на $\lambda/2$, знаки тисків протилежні і відповідно сигнали на приймачах знаходяться в протилежних фазах.

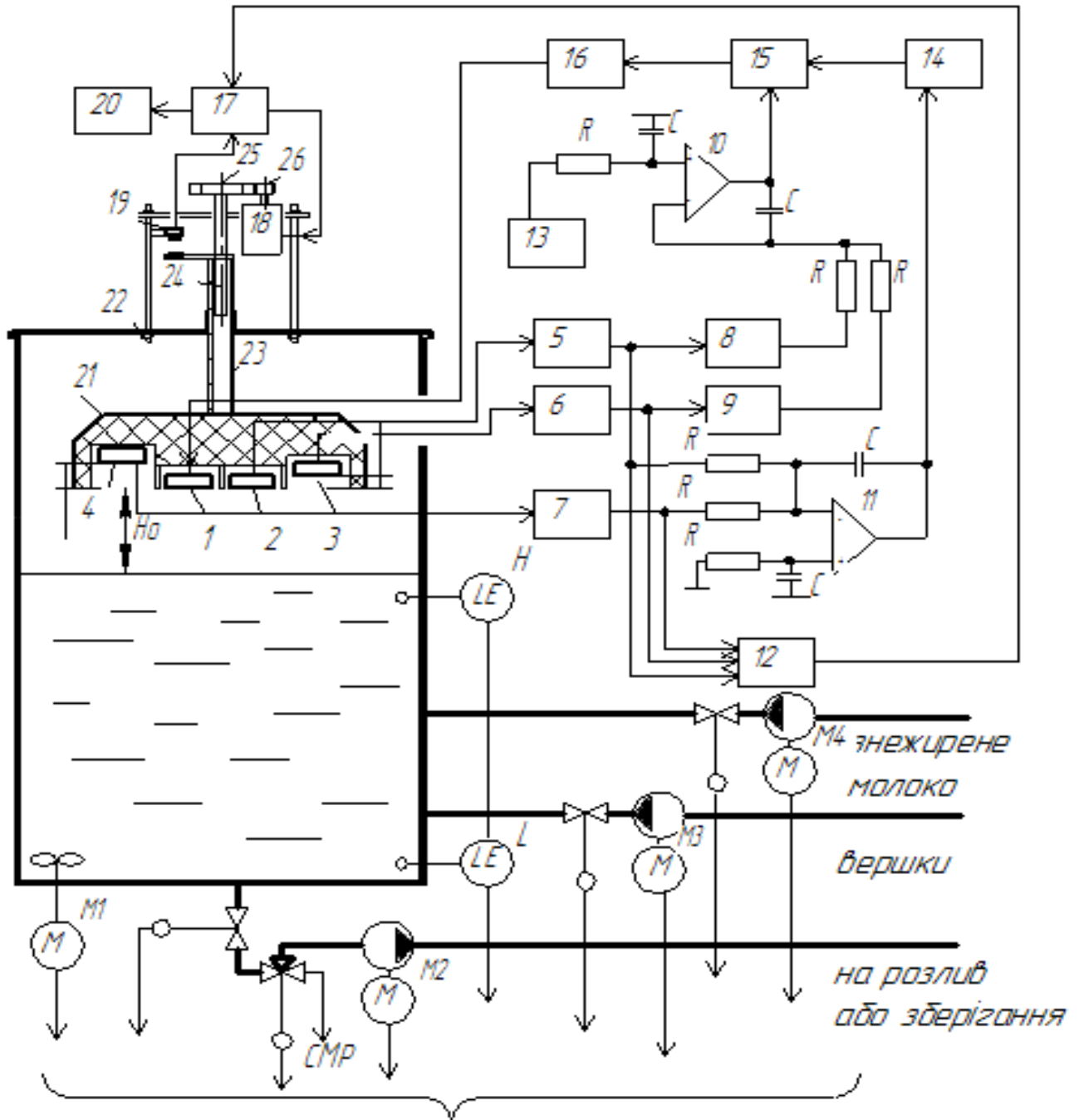
Ультразвуковий інтерференційний рівнемір (див. рисунок) реалізує диференціальний метод вимірювання, при якому первинний вимірювальний перетворювач вимірює тільки відхилення рівня від заданого номінального значення, що визначається формулою (2). Схема ПВП [2] на стоячій хвилі складається з акустичної головки 21, в поверхні випромінювання-приймання якої розташовані випромінювач 1 і приймач 2. Головка 21 закріплена на телескопічній трубці 23, яка за допомогою мікрометричного гвинта 24, шестерень 25, 26 і крокового двигуна 18 переміщується у вертикальній площині [3]. Весь механічний вузол розташований у корпусі 22 і його передавальне число розраховане таким, що одному імпульсу на обертання крокового двигуна 18 відповідає переміщення телескопічної труби 23 з акустичною головкою на 1 мкм. Механічний вузол жорстко фіксується на верхній кришці резервуару і знаходиться у вихідному стані, при якому телескопічна труба з акустичною головкою знаходиться у верхньому положенні, яке фіксується кінцевим вимикачем 19. Площина випромінювання – приймання акустичної головки встановлюється паралельно поверхні молока. Вихідна відстань від поверхні молока, що визначається

залежністю (2), задається блоком 17 обробки й керування кроковим двигуном, яким одночасно реєструється кількість імпульсів на обертання крокового двигуна [2].

У процесі контролю зі зміною рівня молока

змінюється відстань $H_{0(вих.)}$, що спричинює зміни тиску в стоячій хвилі і зміни амплітуди і фази сигналу $U(h)$ на виході приймачів 2 і 4 за залежністю:

$$U(h) = 2 K_{np} P_{op} |\cos(k H_p)| =$$



У систему автоматичного керування

Функціональна схема автоматичної системи нормалізації молока в смності з використанням інваріантного інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі

$$\begin{aligned}
 &= U_{\max} |\cos[h + (n \lambda) / 2]| = \\
 &= U_{\max} |\cos[(2\pi h) / \lambda]|, \quad (8)
 \end{aligned}$$

а приймача 3 за залежністю:

$$U(h) = U_{\max} |\sin[(2\pi h) / \lambda]|. \quad (9)$$

У разі практичної реалізації методу стабілізації довжини хвилі в зоні вимірювання за залежністю (7) як елемент порівняння використовується подвійний інтегратор 11, на один вхід якого подається опорний нульовий сигнал, а на другий – алгебраїчна різниця за залежністю (7) між сигналами приймачів 2 й 4 (останній зсунутий по осі випромінювання-приймання на $\lambda/2$), які попередньо пройшли через підсилювачі-детектори 6 і 7. Якщо різниця між сигналами приймачів 2 і 4 дорівнює нулю, то довжина хвилі є незмінною. В іншому випадку сигнал з виходу подвійного інтегратора 11 змінює частоту випромінювання ультразвукових коливань у зоні вимірювання за допомогою генератора 14 регульованої ультразвукової частоти, завдяки чому залишається незмінною довжина стоячої хвилі.

Генератор являє собою класичний RC-генератор на операційному підсилювачі з фазобалансним мостом, який вміщує дві активних опори і дві реактивних (ємності), а співвідношення між активними і реактивними опорами задає частоту генерації. Такий RC-генератор додатково обладнаний електронним регулятором зміни частоти генерування, яка здійснюється за допомогою двох польових транзисторів, опори стік-витік яких ввімкнені паралельно активним опорам фазобалансного моста.

Якщо врахувати залежність (3) і перетворення під час виведення залежності (4), то умова стабілізації довжини хвилі набирає вигляду:

$$|\pm \Delta F_B| \lambda = 0,6 |\pm \Delta t_{xr}|, \quad (10)$$

де $\pm \Delta F_B$ – необхідне відхилення частоти

генератора, що пов'язане зі стабілізацією довжини хвилі.

Відносна варіація δ_f частоти RC-генератора має відповідати тільки межовому значенню відхилення довжини хвилі, яке спричинює зміна температури в зоні вимірювання, тобто:

$$\begin{aligned}
 \delta_f &= |(\pm \Delta F_B) / F_B| = \\
 &= (0,6 * |\pm \Delta t_{xr}| * F_B) / \lambda = \\
 &= |(G_m - G_0) / G_0|, \quad (11)
 \end{aligned}$$

де G_m – максимальне або мінімальне значення провідності фазобалансного моста, а G_0 – середнє значення сумарної провідності цього моста.

За відомих значень максимальної провідності G_{\max} між стоком і витокм вибраних польових транзисторів при напрузі на затворах, що дорівнює нулю, і мінімальної провідності G_{\min} при напрузі на затворах, що дорівнює 0,8 напруги відсікання, необхідне значення провідності G_R у плечах фазового балансного моста дорівнює:

$$G_R = [(1 - \delta_f) * G_{\max} - (1 + \delta_f) * G_{\min}] / 2\delta_f, \quad (12)$$

де враховується, що $G_0 = G_R + 0,5 (G_{\max} + G_{\min})$ і відповідає вихідній температурі в зоні вимірювання при налаштуванні рівнеміра.

У разі практичної реалізації методу усунення факторів збурення, які змінюють амплітуду приймачів без зміни довжини хвилі в зоні вимірювання як елемент порівняння амплітуд випромінюваних коливань використовується подвійний інтегратор 10, на один вхід якого подається опорний сигнал зразкової напруги 13, який умовно дорівнює одиниці; на другий – алгебраїчна сума сигналів за залежністю (6) між сигналами приймачів 2 й 3 (останній зсунутий по осі випромінювання-приймання на $\lambda/4$), які попередньо пройшли через підсилювачі-детектори 5 і 6 і квадратори 8 і 9. Сигнал з виходу подвійного інтегратора 10 через блок 15 автоматичного регулювання підсилення

змінює амплітуду сигналу ультразвукового генератора 14, і відповідно через підсилювач за потужністю 16 змінює амплітуду випромінювання ультразвукових коливань у зоні вимірювання, чим компенсується вплив на неї турбулентності навколишнього повітряного середовища.

Стабілізовані за амплітудою і довжиною хвилі сигнали за залежностями (8) і (9), які залежать тільки від зміни рівня молока, надходять у блок обробки сигналів приймачів 12, де здійснюється їхня математична обробка і аналого-цифрове перетворення. Відхилення результуючого сигналу у цифровому коді блоку 12 порівнюється у блоці обробки 17 із заданим вихідним значенням і за наявності відхилення із відповідним знаком блок 17 переміщує головку 21, підтримуючи її на відстані за залежністю (2). Блок 20 здійснює

індикацію результатів вимірювання.

Висновки

Розглянуті способи забезпечення інваріантності ПВП вимірювання рівня на ультразвуковій стоячій хвилі гарантують зниження додаткових похибок: від впливу турбулентності повітряних потоків у зоні вимірювання майже на порядок (до $\pm 0,03$ мм), а від зміни температури в зоні вимірювання – до $\pm 0,02$ мм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Способи зниження похибки нелінійності ультразвукових інтерференційних методів контролю рівня рідин / *Рішан О.Й., Христенко В.О.* // Науково-технічна інформація. – 2011. – №4. – С. 54–56.
2. А.с. №994911, Б.В.№5, 1983. Спосіб ультразвукового контролю товщини виробу / *О.Й. Рішан, М.Н. Гуманюк.*
3. А.с. № 845553, 1983. Ультразвуковий пристрій вимірювання товщини стрічки / *О.Й. Рішан.*
4. А.с. №1047268, 1983. Ультразвуковий пристрій вимірювання товщини стрічки / *О.Й. Рішан, М.Н. Гуманюк.*



Матеріалознавство

СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО ПОРОШКУ СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ

Призначення. Спосіб може бути використаний під час виготовлення керамічних матеріалів конструкційного, функціонального, медичного призначення.

Галузь застосування – виробництво керамічних матеріалів на основі діоксиду цирконію з підвищеними експлуатаційними властивостями, а саме – функціональної кераміки (паливні елементи, сенсори, твердоелектролітичні датчики); конструкційної кераміки (деталі машин, плунжери, пари тертя); інструментальної кераміки (леза); кераміки медичного призначення (кісткові імпланти, скальпелі, фільтри).

Опис. Спосіб включає в себе розпилення

ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГІЙ

водного розчину суміші солей цирконію і металу, який утворює з діоксидом цирконію твердий розчин (солі: ітрію; кальцію; магнію; скандію). Крізь низькотемпературну плазму дугового розряду і суміш водної або спиртової суспензії нанокристалічних частинок діоксиду цирконію моноклінної модифікації з водним або спиртовим розчином солі стабілізуючого металу розпилюють за допомогою ультразвуку в гарячу зону з температурою 190–600°C.

Використання водної або спиртової суспензії високочистого нанокристалічного порошку діоксиду цирконію моноклінної модифікації, заздалегідь одержаного згідно з аналогом, дає змогу зменшити присутність у готовому порошку стабілізованого діоксиду цирконію домішок SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Na_2O , Fe_2O_3 , CaO , а також іонів Fe^{+3} , Al^{+3} , Cr^{+3} , Na^{+} тощо. Це підвищує хімічну чистоту одержаного порош-