

АКУСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЛОДІВ

Стриж В.О.

Сумський національний аграрний університет

Запропоновано математичну модель електронно-акустичного пристрою контролю якісних ознак плодів.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день відсутнє приладове забезпечення оцінки якості продуктів фіксованої геометричної форми, і зокрема плодів баштанових, що унеможливорює пряме використання технічних засобів з суміжних областей неруйнівного контролю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи останні дослідження варто сказати, що електронно-акустичний пристрій контролю якості плодів за параметрами післядії ударного збудження, а саме, за коефіцієнтом загасання вільних коливань, надає можливість забезпечити контроль за якістю плодів на різних стадіях розвитку рослини.

Мета статті. Надати математичну модель принципу перетворення сигналу після дії ударного збудження плодів у цифровий код на виході пристрою.

Основні матеріали дослідження. Доцільним є використання засобів гібридної обчислювальної техніки, що дозволяє, ефективно використовувати переваги аналогової (швидкодія, оперативність) і цифрової (точність) техніки [1,3].

Граничні значення коефіцієнта загасання визначені з експериментально встановлених залежностей, з урахуванням геометрії плоду. Визначення параметра загасання можна здійснити рядом методів: амплітудно-площадковим, фазовим, інтегральних оцінок [2,3]. В даному випадку вимір параметра загасання робиться за сумарним часом спаду кривої, що огинає (до нормованого рівня), в кожному цугу хвиль вихідного сигнал (рисунок 2).

Суть цього методу полягає в тому, що вихідний сигнал ЕАП, що надходить з об'єкту контролю, відповідає певній фракції якісного стану плоду детектується і фільтрується. В результаті на виході цього блоку з'являється сигнал, що апроксимується виразом [4] для одного цугу хвиль:

$$u(t) = kU_{\max} te^{-\delta t} \quad (1)$$

де $u(t)$ - миттєве значення інформаційного сигналу, що відповідає певному якісному стану об'єкту контролю, В; U_{\max} - максимальна амплітуда цього сигналу, В; k - коефіцієнт пропорційності, визначуваний постійною часу фільтру, c^{-1} ; δ - коефіцієнт загасання, $z-1$; t - час, с.

Цей сигнал надходить на вхід порогових пристроїв (компараторів) з різними рівнями дискримінації, що відрізняються, наприклад, в e разів. Стан компаратора визначається виразом [1]:

$$u(t) \geq U_{\delta i} \quad (2)$$

де $U_{\delta i}$ - рівень дискримінації i -го компаратора, В.

Спільне рішення рівнянь (1) і (2) дозволяє визначити час спрацьовування і тривалість вихідного імпульсу компаратора:

$$kU_{\max} te^{-\delta t} \geq U_{\delta i} \quad (3)$$

Використовуючи розкладання $e^{-\delta t}$ у безперервний дріб [5], після відповідних перетворень, отримаємо:

$$t^2 - \frac{1}{\delta L} t + \frac{1}{\delta L} \cdot \frac{U_{\delta i}}{kU_{\max}} = 0 \quad (4)$$

де n - порядковий номер члена ряду.

З (4) визначається час початку і кінця вихідного імпульсу компаратора:

$$t_{ni, ki} = \pm \frac{1}{2\delta L} \left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{4U_{\delta i}\delta L}{kU_{\max}}} \right) \quad (5)$$

Визначаючи різницю між значеннями часу закінчення вихідних імпульсів двох компараторів з рівнями дискримінації, що відрізняється у в e разів, отримаємо залежність часу спаду вихідного сигналу від коефіцієнта загасання:

$$\Delta \tau_{ie\Sigma} = t_{k2} - t_{k1} \quad (6)$$

де $\Delta \tau_{ie\Sigma}$ - час спаду амплітуди що огинає вихідного сигналу в e разів, з; t_{k1} , t_{k2} - час закінчення дії вихідного імпульсу, відповідно, першого і другого компараторів з різними рівнями дискримінації, с.

Далі, порівнюючи вичислене значення параметра загасання з його граничними значеннями для різних фракцій, визначається його якісний стан і у вигляді коду передається у блок індикації.

Функціональна схема пристрою, що дозволяє здійснити виконання необхідних перетворень для визначення параметра загасання плодів різних фракцій за якістю приведена на рисунку 1.

На рисунку 2 представлені епюри вихідних сигналів блоків ЕАП.

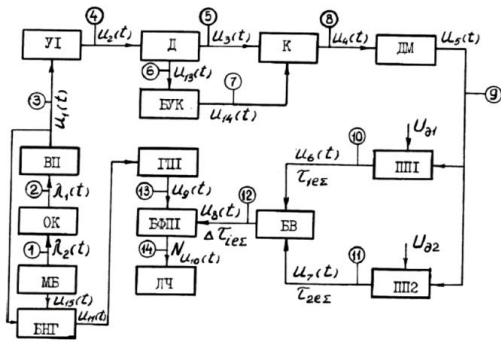


Рисунок 1 - Функціональна схема ЕАП контролю якості плодів:

МБ - електромеханічний блок, ОК - об'єкт контролю, ВП - вимірювальний перетворювач, УІ - підсилювач, Д - детектор, БУК - блок управління ключем, К - електронний ключ, ДМ - демодулятор, ПП1, ПП2 - порогові пристрої компаратори, БВ - блок віднімання, БФП - блок формування пакету імпульсів, ГПП - генератор прямокутних імпульсів, ЛЧ - лічильник імпульсів, БНГ - блок налаштування ГПП

Для встановлення теоретичних залежностей між параметрами об'єкту контролю і вихідними сигналами пристрою визначення коефіцієнта загасання побудована математична модель електронно-акустичного пристрою.

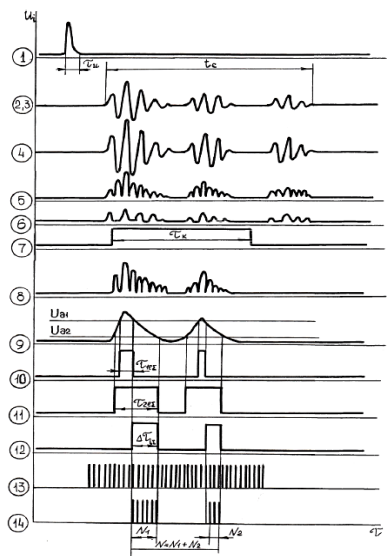


Рисунок 2 - Епюри вихідних сигналів блоків ЕАП

Завданням моделювання ЕАП є математичний опис процесу трансформації вхідного сигналу в цифрову інформацію і визначення граничних значенні інформативного вихідного параметра пристрою.

Модель складена на основі функціональної схеми пристрою, приведені на рисунку 1. Використовуючи положення [2] складена структурна схема ЕАП (Рисунок 3) і визначений коефіцієнт передачі отриманої системи.

Для математичного опису ЕАП введений наступний базис операторів з урахуванням положень [4]:

K_{in} - оператор, що описує перетворення неелектричного вхідного сигналу $\lambda_1(t)$ в електричний $u_1(t)$; K_y - оператор, що описує функціонування підсилювача; K_e - оператор, що описує процес випрямлення сигналу $u_2(t)$; K_k - оператор обмежувача тривалості оброблюваного сигналу $u_3(t)$; K_D - оператор демодуляції сигналу $u_4(t)$; $K_{ПП1}$, $K_{ПП2}$ - оператори, що описують перетворення сигналу $u_5(t)$ в тимчасові інтервали $\tau_{1e\Sigma}$ і $\tau_{2e\Sigma}$ відповідно:

$$\tau_{1e\Sigma} = t_{k1} - t_{n1}; \quad \tau_{2e\Sigma} = t_{k2} - t_{n2};$$

K_r - оператор, що описує перетворення геометричного параметра об'єкту контролю в зміну опору в ланцюзі формування шпаруватості генератора прямокутних імпульсів (ГПП); $K_{ГПП}$ - оператор генератора прямокутних імпульсів; $K_{БФ}$ - оператор, що описує перетворення тимчасового інтервалу $\Sigma \Delta \tau_{ie\Sigma}$ і частоти в пакет імпульсів N, відлічуваних реєстратором ЛЧ.

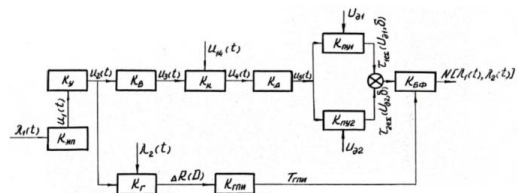


Рисунок 3 - Структурна схема ЕАП

Формальний опис ЕАП відповідно до рисунка 3 визначається наступною системою операторних рівнянь:

$$\begin{aligned} u_1(t) &= K_{ВП} \lambda_1(t); \quad u_2(t) = K_y u_1(t); \quad u_3(t) = K_B u_2(t); \\ u_4(t) &= K_K [u_3(t), u_{14}(t)]; \quad u_5(t) = K_D u_4(t) \end{aligned} \quad (9)$$

де $\lambda_1(t)$ - інформаційний параметр якісного стану об'єкту контролю; $\lambda_2(t)$ - імпульси ударного збудження об'єкту контролю; $\tau_{ie\Sigma}$ - час дії вихідного сигналу i -го порогового пристрою, U_{ai} - напруга дискримінації компараторів, B ; δ - параметр загасання, $z-1$; $\Delta R(D)$ - зміна опору на виході блоку налаштування ГПП, пропорційне розміру плоду, Ом.

Оцінка інформації про геометрію плоду може бути описана виразом:

$$T_{ГПП} = K_{ГПП} K_r [\lambda_2(t), u_2(t)] = K_{ГПП} K_r [\lambda_2(t), K_y K_{ВП} \lambda_1(t)] \quad (10)$$

Оператор, що описує трансформацію в ЕАП інформаційних сигналів і про якісний стан і розмірні характеристики об'єкту контролю має вигляд:

$$Y_i = \frac{N[\lambda_1(t), \lambda_2(t)]}{\lambda_1(t)} \quad (11)$$

$$Y_i = K_{\text{БФ}} \{ K_{\text{ПП1}} [u_5(t), U_{\partial 1}] + K_{\text{ПП2}} [u_5(t), U_{\partial 2}] \} \times \quad (12)$$

$$\times K_{\text{К}} K_{\text{Д}} K_{\text{В}} K_{\text{У}} K_{\text{ВП}}$$

Число імпульсів на виході блоку виміру визначається [1]:

$$N = \frac{\Delta \tau_{ie\Sigma}}{T_{\text{ГП}}} \quad (13)$$

Використовуючи вирази (7), (13) для оператор електронно-акустичного пристрою можна записати в розгорнутому виді:

$$Y_i = \frac{1}{\delta L} \left(\sqrt{0,25 - \frac{U_{\partial 2} \delta L}{k U_{\text{max}}}} - \sqrt{0,25 - \frac{U_{\partial 1} \delta L}{k U_{\text{max}}}} \right) \quad (14)$$

$$T_{\text{ГП}} \sum_{i=1}^n Q_i \sin[\omega_i(t-\tau) + \varphi_i] e^{-\delta(t-\tau)}$$

де Q_i - амплітуда i -ої гармоніки вхідного сигналу (зміщення), м; ω_i - частота i -ою гармоніки, з^{-1} ; φ_i - початкова фаза i -ої гармоніки вхідного сигналу, рад; τ - час затримки інформаційного сигналу по відношенню до збуджуючого ударного імпульсу, з; t - поточна координата часу, с.

Вихідні сигнали функціональних ланок ЕАП описуються виразами:

$$\lambda_1(t) = \sum_{i=1}^n Q_i \sin[\omega_i(t-\tau) + \varphi_i] e^{-\delta(t-\tau)} \quad (15)$$

$$\lambda_2(t) = Q_{\text{max}} \frac{1 - \cos 2\pi\theta}{1 - \cos 2\zeta} e^{\frac{2\pi\zeta - \theta}{i\pi\zeta}} \quad (16)$$

Висновки. Вираз, що описує процес перетворення ударного збудження плодів в цифровий код на виході пристрою, дозволяє визначити залежність, що пов'язує вихідні сигнали з розмірно-масовими характеристиками і коефіцієнтом затухання об'єкту контролю, що несе інформацію про якість плодів, і розрахувати гарничні значення ознак розподілу плодів на фракції за якісними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. - М.: Радио и связь, 1982. - 496с.
2. Радиоавтоматика / Под ред. Бесеєкерского В.А. - М.: Высш. школа, 1985. - 271с.
3. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства. - М.: Энергоиздат, 1985. - 304с.
4. Борисов Ю.П., Цветнов В.В. Математическое моделирование радио-технических систем и устройств. - М.: Радио и связь, 1985. - Г75с.
5. Люстерник Л.А., Червоненкис О.А., Янпольский А.Р. Математический анализ. Вычисление элементарных функций. - М.: Физматгиз, 1963.- 247с.

Аннотация

АКУСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ

Стриж В.О.

Предложена математическая модель электронно-акустического устройства контроля качественных признаков плодов.

Abstract

ACOUSTIC DEVICES GAGING FRUITS

V. Swizh

A mathematical model of electron-acoustic devices qualitative characteristics of fruits control.

$$\theta = \frac{\tau}{\tau_{ju}}; \quad \zeta = \frac{\tau_{j\phi}}{\tau_{ju}} \quad (17)$$

І визначаються вхідними сигналами блоків ЕАП (9.9):

$$u_1(t) = K_{\text{ВП}} \sum_{i=1}^n Q_i \sin[\omega_i(t-\tau) + \varphi_i] e^{-\delta(t-\tau)} \quad (18)$$

$$u_2(t) = k_0 K_{\text{ВП}} \sum_{i=1}^n Q_i \sin[\omega_i(t-\tau) + \varphi_i] e^{-\delta(t-\tau)} \quad (19)$$

$$u_3(t) = k_{\text{Б}} [k_0 K_{\text{ВП}} \sum_{i=1}^n Q_i \sin[\omega_i(t-\tau) + \varphi_i] e^{-\delta(t-\tau)}] \quad (20)$$

$$u_4(t) = k_{\text{общ}} [U_i \sin[\omega_i t e^{-\delta t}]] \quad (21)$$

$$u_5(t) = k U_{\text{max}} t e^{-\delta t} \quad (22)$$

$$T_{\text{ГПИ}} = t^+ + t^-; \quad Q_i \cong U_i \quad (23)$$

де Q_{max} - максимальна амплітуда ударного імпульсу; $\tau_{j\phi}$, τ_{ju} - час фронту і довжина імпульсу, з; k_0 - коефіцієнт посилення підсилювача; $k_{\text{в}}$ - коефіцієнт випрямлення; $k_{\text{общ}}$ - загальний коефіцієнт перетворення.

Отримані аналітичні залежності, що зв'язують вихідні сигнали ЕАП з параметрами об'єкту контролю, показують, що вихідні сигнали обернено пропорційні до параметра загасання і пропорційні розмірам плодів.