



УДК 621-52+681.14/63

ACOUSTIC DEVICES GAGING FRUITS ПРИСТРІЙ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЛОДІВ

V. Strizh / Стриж В.О.

Сумський національний аграрний університет

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

Ключові слова: якісні характеристики, вихідні сигнали ЕАП, оцінка якості продуктів, загасання вільних коливань, контроль якості плодів, коефіцієнт загасання.

Вступ: На сьогоднішній день відсутнє приладове забезпечення оцінки якості продуктів фіксованої геометричної форми, і зокрема плодів баштанових, що унеможливує пряме використання технічних засобів з суміжних областей неруйнівного контролю. Було також проаналізовано ряд наукових джерел, і зроблено висновок, що узагальнююча математична модель електронно-акустичного пристрою контролю якості плодів за параметрами після дії ударного збудження не розроблена, що викликає труднощі при розробці даних пристроїв для контролю якості плодів із фіксованою геометричною формою на різних стадіях розвитку рослини. Таким чином, метою статті є надання математичної моделі принципу перетворення сигналу після дії ударного збудження плодів у цифровий код на виході пристрою.

Основні матеріали. 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 (Рис. 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:

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

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, s^{-1} ; δ - коефіцієнт загасання, s^{-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):

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

де U_{di} - рівень дискримінації i -го компаратора, В.



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

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

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

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

де n - порядковий номер члена ряду.

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

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

Визначаючи різницю між значеннями часу закінчення вихідних імпульсів двох компараторів з рівнями дискримінації, що відрізняється у ϵ 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 ϵ разів, t_{k1} , t_{k2} - час закінчення дії вихідного імпульсу, відповідно, першого і другого компараторів з різними рівнями дискримінації, с.

Далі, порівнюючи вчислене 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 рис. 1.

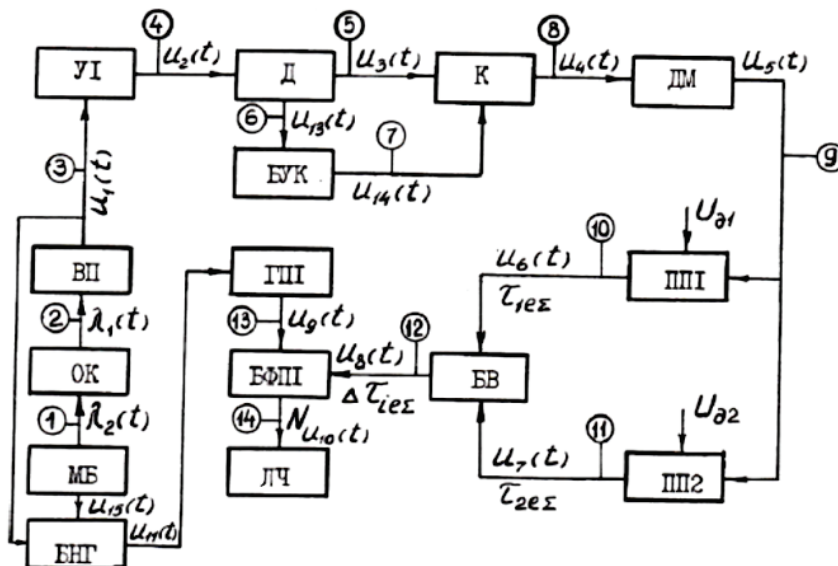


Рис. 1 - Функціональна схема ЕАП контролю якості плодів:

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



На рис. 2 представлені епюри вихідних сигналів блоків ЕАП.

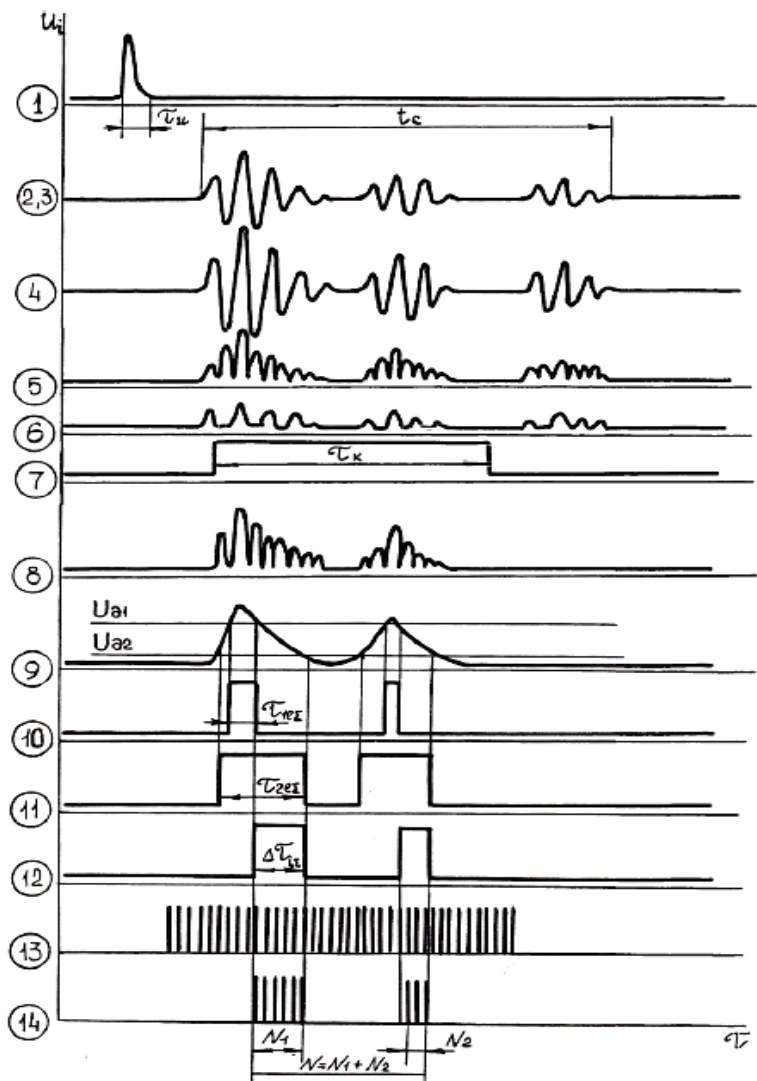


Рис. 2 - Епюри вихідних сигналів блоків ЕАП

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

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 (рис. 1). Використовуючи положення [2] складена структурна схема ЕАП (Рис. 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_{III1} , K_{III2} - 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_{Γ} - оператор, що описує перетворення геометричного параметра об'єкту контролю в зміну опору в ланцюзі формування шпаруватості генератора прямокутних імпульсів (ГПІ);

$K_{ГПІ}$ - 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.

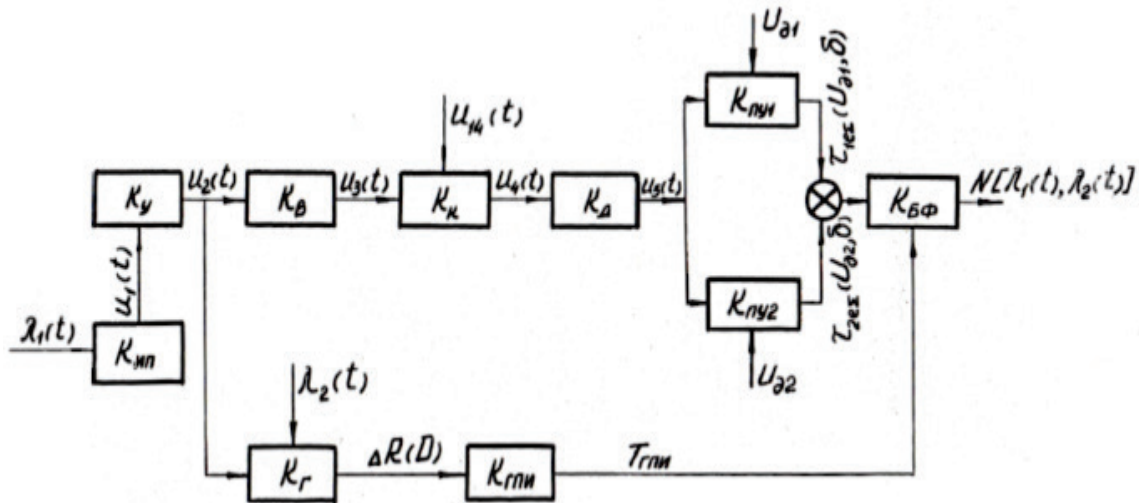


Рис. 3 - Структурна схема ЕАП

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

$$u_1(t) = K_{ВП} \lambda_1(t); \quad u_2(t) = K_{У} u_1(t); \quad u_3(t) = K_{В} u_2(t); \quad u_4(t) = K_{К} [u_3(t), u_{14}(t)]; \quad u_5(t) = K_{Д} u_4(t), \quad (9)$$

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_{0i} - напруга дискримінації компараторів, В; δ - параметр загасання, з-1; $\Delta R_{(D)}$ - зміна опору на виході блоку налаштування ГПІ, пропорційне розміру плоду, Ом.

Оцінка інформації про геометрію плоду може бути описана виразом:

$$T_{ГПІ} = K_{ГПІ} K_{Г} [\lambda_2(t), u_2(t)] = K_{ГПІ} K_{Г} [\lambda_2(t), K_{У} K_{ВП} \lambda_1(t)] \quad (10)$$

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

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

$$Y_i = K_{БФ} \{K_{ПН1} [u_5(t), U_{01}] + K_{ПН2} [u_5(t), U_{02}]\} \times K_{К} K_{Д} K_{В} K_{У} K_{ВП} \quad (12)$$

Число імпульсів на виході блоку виміру визначається [1]:

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

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



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

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

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:

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

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

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

І визначаються вхідними сигналами блоків ЕАП (9.9):

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

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

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

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

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

$$T_{\Gamma\Pi\Pi} = t^+ + t^-; \quad Q_i \cong U_i, \quad (23)$$

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.

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 граничні значення ознак розподілу плодів на фракції за якісними характеристиками.



Література

1. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. - М.: Радио и связь, 1982. - 496с.
2. Радиоавтоматика / Под ред. Бесеекерского 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 радиотехнических 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.

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