

the main pattern: per unit costs to increase loutsa. Given that the processes of livestock production is predominantly carried out in stationary conditions, creates favorable opportunities for the use of electricity. In the structure of energy resources used in animal production, significantly increases the role of non-traditional (alternative) renewable energy sources - water, wind, solar, biogas energy potential.

Keywords: agricultural production, dairy cattle, record of performance evaluation, resource-saving technologies.

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.

УДК 631.53.027.34

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БЛОКУ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИСТРОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ОЗНАК БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

В. Ф. Яковлев, к.т.н., проф., Сумський національний аграрний університет

На підставі проведених досліджень обґрунтовано параметри блоку фільтрування пристрою контролю якісних ознак біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми, отримано теоретичні та експериментальні математичні моделі для резонансних частот, добротності та коефіцієнту передачі по напрузі наведеної схеми блоку

Ключові слова: активний фільтр, приймач, інтегральна мікросхема, зворотній зв'язок, добротність, частота, коефіцієнт передачі, інтервал варіювання, дисперсія адекватності, критерій Стьюдента, дисперсія відтворюваності./

Постановка проблеми. Одним із важливих питань успішної реалізації сільськогосподарської продукції є забезпечення її якісних показників у період її зберігання та реалізації, що можливо при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів експресного контролю стану продукції. До якісних ознак продукції фіксованої геометричної форми (яблука, баштанні, томати, лимон, апельсин та ін..) відносяться ступень стиглості, наявність та глибина пошкоджень, наявність ураження хворобами, наявність різних хімічних речовин, які не завжди можливо визначити тільки по зовнішньому стану оболонки. Особливо важко визначати названі ознаки в технологічному потоці, що призведе до значних втрат часу, знижує продуктивність та збільшує собівартість кінцевого продукту. Тому наукові дослідження, які направлені на створення технічних систем, що забезпечують експресний неруйнівний контроль якісних ознак вище названих біологічних структур в технологічному процесі є актуальними [1,4,6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наведених в джерелах інформації результатів досліджень свідчить проте, що більшість з них хоча і мають глибокі теоретичні проробки, але вони пов'язані з особливостями того чи іншого конкретного пристрою, які не дозволяють узагальнити підхід до питань проектування названих технічних систем. Налічувані в літературних джерелах свідчення по дослідженням математичних моделей означених блоків, теоретичних передумов описання процесів трансформації інформативного сигналу щодо визначення якісних ознак роздрібно, а порою протилежні і недостатні для їх узагальнення та практичної реалізації [1,4,6]. Викладене вище визначає мету та основні задачі досліджень і дозволяє сформулювати основні

принципи побудови названих блоків технічних засобів неруйнівного експресного контролю.

Мета статті. Робота направлена на обґрунтування параметрів схеми блоку фільтрації, від яких залежать його вихідні характеристики, встановлення відповідних закономірностей, що визначають передумови проведення експериментальних досліджень, забезпечують відповідні умови проектування і технічної реалізації цих блоків та пристроїв експресного контролю якісних ознак продуктів в технологічному потоці, в загалі.

Основні матеріали досліджень. У раніше проведених дослідженнях [1,4,6] було отримано відповідні залежності вихідного сигналу біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми різного ступеню стиглості при їх ударному збудженні. Було також визначено резонансні частоти та коефіцієнти загасання для досліджуваних об'єктів. Задача полягає у розробці технічного засобу, який може із сукупності інформативних сигналів виділяти, з певною похибкою, необхідну частоту та коефіцієнт загасання для визначеного ступеню зрілості об'єкту. Цю функцію у пристрої контролю якісних ознак біологічних об'єктів виконує блок фільтрації, схема якого наведено на рисунку 1.

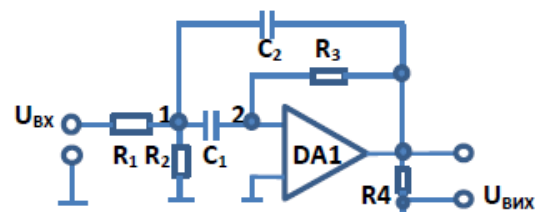


Рисунок 1 – Схема блоку фільтрації

Схема представляє собою активний RC-фільтр другого порядку [3,5], який зібрано на мік-

росхемі K153УД1. Основними характеристиками фільтру є: ω_p – резонансна частота; Q – добротність; K_u – коефіцієнт підсилення на резонансній частоті. Вихідні характеристики, пов'язані з елементами схеми R_1, R_2, R_3, C_1, C_2 . По заданим границям відхилення параметрів елементів R_1, R_2, R_3, C_1, C_2 визначаються вихідні параметри фільтру ω_p, Q, K_u .

При побудові теоретичної моделі приймалися наступні припущення [2,3]: вхідний опір операційного підсилювача дорівнює нескінченності так, як через ємність C_2 та опір R_2 тече один і той же струм i_2 ; коефіцієнт підсилення операційного підсилювача (ОП) також дорівнює нескінченності так, як інверсний вхід ОП має нульовий потенціал, тобто $U_2 \approx 0$.

Згідно першого закону Кирхгофа для вузла 1 будемо мати (див. рисунок 1):

$$i_0 = i_1 + i_2 + i_3 \quad (1)$$

Якщо відомі напруги $U_{вх}, U_{вих}$ та у вузлах 1 і 2 (U_1, U_2), то згідно закону Ома та з урахуванням прийнятих допущень, струми виразу (1) визначаються наступним чином:

$$i_0 = \frac{U_{вх} - U_1}{R_1}; i_1 = \frac{U_1 - U_{вих}}{Z_1}; i_2 = \frac{U_1 - U_2}{Z_2}; i_3 = \frac{U_1}{R_3}; \quad (2)$$

де Z_1, Z_2 – операторні опори ємностей C_1, C_2 , тобто: $Z_1 = \frac{1}{C_1 p}; Z_2 = \frac{1}{C_2 p}$.

Використовуючи вирази (2) в рівнянні (1) та з урахуванням прийнятих допущень і відповідних перетворень отримаємо передаточну функцію фільтра в операторній формі:

$$W(p) = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{\tau_2 p}{\tau_1 \tau_2 p^2 + (\tau_1 + R_1 C_2) p + 1 + \frac{R_1}{R_3}} = \frac{\tau_2' p}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1} \quad (3)$$

де τ_1 – постійна часу кола $R_1 C_1, \tau_1 = R_1 C_1; \tau_2'$ – постійна часу диференціального кола з елементів $R_1, R_2, R_3, C_2, \tau_2' = \frac{\tau_2}{1 + \frac{R_1}{R_3}}; \tau_2 = R_2 C_2; T^2 =$

$$\tau_1 \tau_2'; 2\xi T = \frac{\tau_1 + R_1 C_2}{1 + \frac{R_1}{R_3}};$$

Із виразу (3) визначається амплітудно-частотна характеристика фільтра (рисунок 2):

$$U(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{\tau_2' \omega}{\sqrt{[1 - (\omega T)^2]^2 + 4\xi^2 (\omega T)^2}} \quad (4)$$

Рішення рівняння: $\frac{dU(\omega)}{d\omega} = 0$, дає наступні

значення коренів: $\omega_1 = \omega_2 = -\omega_p;$

$\omega_3 = \omega_4 = \pm j\omega_p; \omega_p = \frac{1}{T}$. Так як на резонансній частоті $T\omega_p = 1$, то коефіцієнт передачі із (4) буде дорівнювати:

$$K_u = U(\omega_p) = \frac{\tau_2' \omega_p}{2\xi} \quad (5)$$

Ширина полоси пропускання $\pm \Delta\omega$ визначається з урахуванням умови:

$$U(\omega_1) = U(\omega_2) = 0,7 U(\omega_p) = \frac{U(\omega_p)}{\sqrt{2}} = \frac{\tau_2' \omega_p}{2\xi \sqrt{2}} \quad (6)$$

або:

$$\frac{\tau_2' \omega}{\sqrt{[1 - (\omega T)^2]^2 + 4\xi^2 (\omega T)^2}} = \frac{\tau_2' \omega_p}{2\xi \sqrt{2}} \quad (7)$$

Із (7) отримаємо:

$$\Delta\omega = \pm \frac{1}{T} \sqrt{1 + 2\xi^2 \pm 2\xi \sqrt{1 + 2\xi^2}} \quad (8)$$

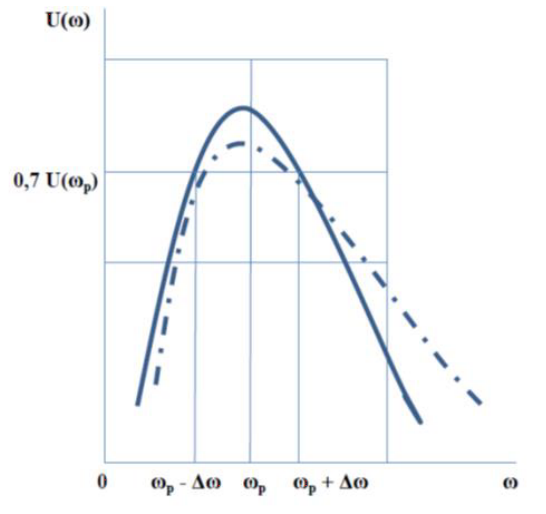


Рисунок 2 – Амплітудно-частотна характеристика блоку фільтрування:

— теоретична; - - - експериментальна.

Крім того, на підставі проведення експерименту, було отримано емпіричну модель фільтру, тобто визначені залежності: $\omega_p = F_{\omega_p}(R_1, R_2, R_3, C_1, C_2); Q_p = F_{Q_p}(R_1, R_2, R_3, C_1, C_2);$

$K_u = F_{K_u}(R_1, R_2, R_3, C_1, C_2)$. Схема експериментальної установки наведено на рисунку 3.

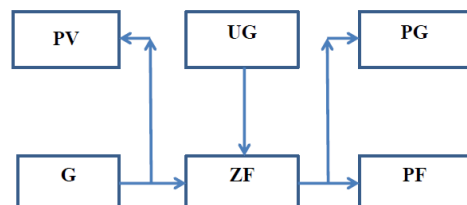


Рисунок 3 – Схема експериментальної установки для дослідження блоку фільтрування: PV – вольтметр;

G – генератор синусоїдальних коливань;

UG – джерело живлення; ZF – блок фільтрування;

PG – осцилограф; PF – частотомір

В якості вихідних параметрів (відгуків) обрано: ω_p – резонансна частота; Q – добротність; K_u – коефіцієнт підсилення на резонансній частоті. Факторами є елементи схеми фільтру: R_1, R_2, R_3, C_1, C_2 . Умови експерименту згідно [2], тобто інтервали варіювання, основний та граничні рівні наведено у таблиці 1. Кодування факторів x_i проводилося за формулою:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X} \quad (9)$$

де X_i – i-ий рівень i-ого фактору; X_{i0} – основний рівень i-ого фактору; ΔX – інтервал варіювання i-ого фактору

Таблиця 1 – Умови експерименту

Рівень	Фактори			
	$X_1=R_1$ кОм	$X_2=R_2$ кОм	$X_3=R_3$ кОм	$X_4=C_1=C_2=C$ пФ
Основний рівень, X_{i0}	10,0	2,5	400	280
Нижній рівень, $X_{iн}$	9,5	2,3	380	250
Верхній рівень, $X_{iв}$	10,5	2,7	420	310
Інтервал варіювання, ΔX	0,5	0,2	20	30
Кодоване позначення фактора, x_i	x_1	x_2	x_3	x_4

Для проведеного повнофакторного експерименту (ПФЕ 2⁴) вихідне рівняння регресії має наступний вигляд:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{134}x_1x_3x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4 \quad (10)$$

Матриця плану експерименту середнє значення відгуків наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця та результати плану ПФЕ 2⁴

Номер досліду	x_1	x_2	x_3	x_4	\bar{f}_p , Гц	\bar{Q}	\bar{K}_u
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	-	-	-	227,1	42,9	23,3
2	+	-	-	-	225,9	42,6	24,3
3	-	+	-	-	227,1	42,9	23,4
4	+	+	-	-	226,4	42,7	23,8
5	-	-	+	-	226,2	42,6	23,9
6	+	-	+	-	225,3	42,5	24,8
7	-	+	+	-	228,0	43,0	22,6
8	+	+	+	-	227,1	42,9	23,2
9	-	-	-	+	222,8	42,0	23,0
10	+	-	-	+	221,9	41,9	22,9
11	-	+	-	+	225,5	42,6	24,7
12	+	+	-	+	224,9	42,4	25,0
13	-	-	+	+	223,3	42,1	23,2
14	+	-	+	+	222,3	41,9	23,1
15	-	+	+	+	226,9	42,8	23,6
16	+	+	+	+	226,0	42,6	24,0
17	0	0	0	0	221,8	41,8	22,8

Розрахунки виконувалися за відомими наступними формулами:

$$1) \text{ середнє значення: } \bar{y}_u = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{uj} \quad (11)$$

$$2) \text{ дисперсія: } s_u^2 = \frac{1}{n-1} (\sum_{j=1}^n y_{uj}^2 - n\bar{y}_u^2) \quad (12)$$

$$3) \text{ однорідність строкових дисперсій (критерій Кохрена): } G_p = \frac{s_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^N s_u^2} \quad (13)$$

$$4) \text{ дисперсія відтворюваності: } s_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N s_u^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{u=1}^N (\sum_{j=1}^n y_{uj}^2 - n\bar{y}_u^2) \quad (14)$$

$$5) \text{ коефіцієнти рівняння регресії: } b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u = \frac{1}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u \quad (15)$$

$$6) \text{ середньо квадратичне відхилення для } i\text{-ого коефіцієнту регресії: } s_{bi} = \frac{s_y}{\sqrt{nN}} \quad (16)$$

$$7) \text{ критичне значення } b\text{-коефіцієнтів: } b_{крі} = s_{bi} t_{табл} \quad (17)$$

$$8) \text{ дисперсія адекватності: } s_{ад} = \frac{1}{N-1} n \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - y_u)^2 \quad (18)$$

де \bar{y}_u - построківі середні; y_{uj} - значення відгуку i -ого досліду; $s_{u \max}^2$ - максимальне значення із построківих дисперсій; N - кількість дослідів; n - кількість повторів дослідів;

x_{iu} - значення фактору в i -ому досліді; s_y - помилка досліду; s_u^2 - построківі дисперсії i -ого досліду; $t_{табл}$ - табличне значення розподілу Стьюдента;

Виключивши статистично незначущі коефіцієнти із рівняння регресії (10) отримуємо кінцеві рівняння регресії для резонансної частоти:

$$f_p = 3190 - 6,5x_1 - 141,6x_2 - 75,2x_3 - 177,7x_4 + 3,8x_2x_3 + 8,3x_2x_4 + 2,9x_3x_4 \quad (19)$$

для добротності:

$$Q = 30,2 + 2,95x_2 - 1,58x_3 - 3,95x_4 - 0,89x_2x_3 - 1,44x_2x_4 + 1,24x_3 + 0,64x_1x_2x_4 \quad (20)$$

для коефіцієнта передачі на резонансній частоті:

$$K_u = 20,0 - 2,75x_1 + 2,54x_2 + 1,02x_3 + 0,66x_1x_2 + 0,37x_2x_4 + 0,80x_1x_2x_4 \quad (21)$$

Висновки. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження свідчать про те, що отримані емпіричні та теоретичні математичні моделі запропонованого фільтру можуть бути використані для кількісної оцінки впливу відхилення параметрів фільтру на його вихідні характеристики та для оптимізації фільтру по любому із вихідних параметрів.

Список використаної літератури:

1. Іноземцев Г.Б., Яковлев В.Ф., Козирський В.В. Застосування акустичних технологій в аграрному виробництві : Навчальний посібник – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013 – 171 с.
2. Технологія наукових досліджень енергетичних систем в аграрному виробництві: Навчальний посібник. / Г.Б. Іноземцев, В.В.Козирський. За редакцією Г.Б. Іноземцева. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 198 с.
3. Квітка С.О., Яковлев В.Ф., Нікітіна О.В. Електроніка та мікросхеми техніки: навчальний посібник / Квітка С.О., Яковлев В.Ф., Нікітіна О.В.; за ред. проф. Яковлева В.Ф. – Суми: «Сумський національний аграрний університет», 2012. – 285 с.
4. Яковлев В.Ф. Визначення якості сільськогосподарської продукції методом акустичної емісії / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 164 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України».- Харків: ХНТУСГ. - 2015.- С.75 - 77.
5. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Отечественные полупроводниковые приборы / 5-е изд., доп. и испр. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 584 с.
6. Kontrola jakości owoców V.F. Jakovlev, A.N. Terechov (Tavrijskaja Derčavna Agrotehnična Arademija w. Melitopolu (Ukraina). Ekologiczne aspekty, mechanizacji nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby: 111 Miedzynarodowe sympozjum /Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa Warszawa, 25 wrzesnia 1996 c.231-235.

Яковлев В.Ф. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЛОКА ФИЛЬТРАЦИИ УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ФИКСИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

На основе проведенных исследований обоснованы параметры блока фильтрации устройства контроля качественных признаков биологических объектов фиксированной геометрической формы, получены теоретические и экспериментальные математические модели для резонансных частот, добротности и коэффициента передачи по напряжению приведенной схемы блока

Ключевые слова: *активный фильтр, приемник, интегральная микросхема, обратная связь, добротность, частота, коэффициент передачи, интервал варьирования, дисперсия адекватности, критерий Стьюдента, дисперсия воспроизводимости*

Yakovlev V. F. SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FILTRATION UNIT OF THE DEVICE FOR DETERMINATION OF QUALITATIVE FEATURES OF BIOLOGICAL STRUCTURES FIXED GEOMETRIC SHAPES

On the basis of studies substantiated the parameters of the filtration unit of the control device of the qualitative features of biological objects of a fixed geometric shape, the theoretical and experimental mathematical model for the resonant frequencies, a factor and transmission coefficient voltage reduced block diagrams

Keywords: *active filter, receiver, integrated circuit, feedback, good-tnist, frequency, transmission rate, interval of variation, variance adequacy Student test, variance reproducibility*

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Подригало М.А.