

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 621.311.25

В. В. Кухарчук, д-р. техн. наук, проф.; **В. В. Богачук, канд. техн. наук, доц.;**
В. Я. Ніколаєв; В. Ф. Граняк, студ.

МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ФАЗОВО-АМПЛІТУДНОЇ ПОХИБКИ У ПЕРЕТВОРЕННІ ВОЛОГОСТІ В РІЗНИЦЮ ФАЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ ВЧ ДІАПАЗОНУ В ФУНКЦІЇ «ТОЧНІСТЬ–ШВИДКОДІЯ»

Розроблено метод компенсації фазо-амплітудної похибки у перетворенні вологості в різницю фаз електромагнітних хвиль ВЧ діапазону, що дає можливість автоматичного налаштування пристрою на нормоване значення похибки з метою підвищення вірогідності контролю.

Вступ

Одним з напрямків підвищення конкурентоспроможності готової продукції є підвищення її якості. Особливо гостро ця залежність проглядається у виробництві продуктів харчування, до яких, відповідно до закону України «Про безпечність та якість харчових продуктів» висуваються особливо високі вимоги. А так як значну частину підприємств переробної галузі АПК України становлять підприємства, що спеціалізуються на виробництві вершкового масла, то очевидним є необхідність модернізації систем автоматичного контролю його параметрів.

Оскільки якість вершкового масла значною мірою визначається його вологістю [1], то розробка методів підвищення точності засобів контролю, що можуть бути використані в процесі виробництва цього класу речовин, є актуальною науково-прикладною задачею.

Постановка задачі

Як показано у роботі [2], несиметричний смуговий сенсор вологості характеризується низкою переваг, у порівнянні з іншими відомими сенсорами. Проте, суттєвим його недоліком є залежність амплітуди інформативної хвилі від вологості контрольованого зразка [2], що спричиняє появу фазо-амплітудної похибки (ФАП) у каналі вимірювання фазових зсувів та зменшення його швидкодії за рахунок збільшення групового часу затримки (ГЧЗ), і є причиною зменшення точності результатів вимірювання. Це призводить до збільшення імовірності прийняття неправильних рішень системи автоматичного контролю на базі такого сенсора, та зменшення швидкодії пристрою.

Аналіз шляхів розв'язання задачі

Зменшення ФАП врівноваженням амплітуд сигналів за допомогою автоматичного регулювання коефіцієнта підсилення [3] або за допомогою регульованих подільників напруги є неприйнятним через інерційність таких схем [4]. Крім того, в процесі врівноваження у результати вимірювання вноситься ще одна складова похибки. Застосування ж методу корекції шляхом проведення вимірювань на різних частотах інформативної хвилі призводить до зростання динамічної похибки [5].

У запропонованому методі (рис. 1) задача підвищення точності із забезпеченням відповідної швидкодії розв'язується за допомогою подвійного перетворення частот, балансної модуляції [6] та автоматичного налаштування режиму роботи балансного модулятора в залежності від заданої точності отриманого результату, що залежить від абсолютної різниці порогового та поточного значення вологості зразка.

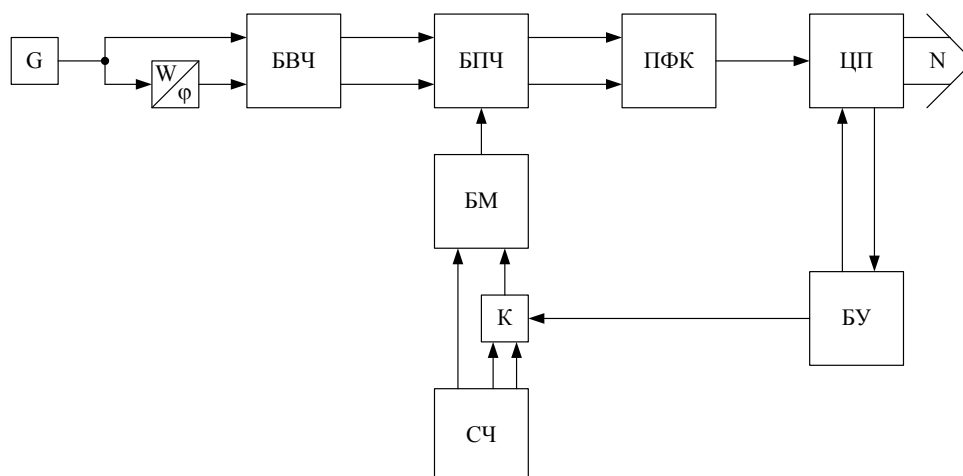


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання вологості

У показаній схемі в блоці високих частот (БВЧ) здійснюється перенесення різниці фаз між інформативним на опорним сигналами на проміжну частоту, значення якої, за умови сучасного рівня розвитку цифрової елементної бази, доцільно обирати на рівні кількох сотень кілогерц.

Друге перетворення частоти для забезпечення можливості корекції ФАП здійснюється у блоці перетворення частот (БПЧ). Гетероїдна напруга на вході балансного модулятора (БМ) у двохтактному режимі роботи схеми формується трьома сигналами:

$$\begin{cases} \omega_1 = \omega + \Omega_1; \\ \omega_2 = \Omega_1 - \Omega; \\ \omega_3 = \Omega_1 + \Omega. \end{cases} \quad (1)$$

де Ω_1 та Ω — деякі допоміжні частоти; ω — друга проміжна частота.

Отримання сигналів на вказаних частотах здійснюється від генератора опорної частоти в синтезаторі частот (СЧ). При цьому, на один вхід (БМ) за допомогою комутатора (К) по чергово подається напруга на таких частотах:

$$\begin{cases} \omega_{1\text{вх}} = \Omega_1 - \Omega; \\ \omega_{2\text{вх}} = \Omega_1 + \Omega. \end{cases} \quad (2)$$

На другий же вхід БМ постійно подається сигнал з частотою:

$$\omega_{3\text{вх}} = \omega + \Omega_1. \quad (3)$$

У результаті, на виході БМ по чергово з'являються сигнали з частотами, зміщеними відносно частоти інформативної хвилі на величину проміжної частоти:

$$\begin{cases} \omega_{1\text{вих}} = \omega + \Omega; \\ \omega_{2\text{вих}} = \omega - \Omega. \end{cases} \quad (4)$$

В свою чергу, у перетворювачі «різниця фаз — код» (ПФК), що працює за принципом перетворення різниці фаз у часовий інтервал, і цифровому пристрої (ЦП) фазове зміщення між сигналами на проміжній частоті перетворюється у пропорційну йому кількість квантуючих імпульсів та здійснюється їх підрахунок і індикація. В залежності від поточного значення вологості зразка у ЦП формується керуючий сигнал, що надходить на вхід блоку управління (БУ), та визначає поточний режим роботи схеми.

За керувальним сигналом з ЦП БУ переходить у двотактовий режим роботи, забезпечуючи компенсацію ФАП за рахунок зменшення швидкодії пристрою.

У першому такті, коли з виходу БМ надходить сигнал $\omega_{1\text{вих}}$, кількість імпульсів на виході ЦП визначається

$$N_1 = k \cdot (\phi + \Delta\phi_1), \tag{5}$$

де k – сталий коефіцієнт пропорційності; ϕ – різниця фаз інформативної та опорної хвилі; $\Delta\phi_1$ – амплітудно-фазова похибка у першому такті.

У другому такті, коли з виходу БМ надходить сигнал $\omega_{2\text{вих}}$, кількість імпульсів на виході ЦП, відповідно, дорівнюватиме

$$N_2 = k \cdot (-\phi + \Delta\phi_2), \tag{6}$$

$\Delta\phi_2$ – амплітудно-фазова похибка у другому такті.

Оскільки в обох тактах, враховуючи відносно велику інерційність зміни вологості зразка [7], амплітуда сигналів залишається фактично незмінною, то значення фазоамплітудних похибок також можна вважати рівним ($\Delta\phi_1 = \Delta\phi_2$). Отже, у результаті складання отриманих значень вологості за двома тактами на виході ЦП отримується код, пропорційний фазовому зсуву між інформативною та опорною хвилями, в якому відсутня фазо-амплітудна складова похибки

$$N = N_1 - N_2 = k((\phi + \Delta\phi_1) - (-\phi + \Delta\phi_2)) = 2k\phi. \tag{7}$$

Для підтвердження викладених результатів проведено цикл експериментальних досліджень з зміною амплітуди вхідних сигналів. В результаті чого встановлено, що похибка, яка вноситься додатковими вузлами від виходу БВЧ в динамічному діапазоні до 40 дБ не перевищує $0,1^\circ$.

У одноктактному режимі роботи схеми гетероїдна напруга на вході БВЧ формується з двох частот

$$\begin{cases} \omega_1 = \omega + \Omega_1; \\ \omega_2 = \Omega_1 - \omega. \end{cases} \tag{8}$$

Вихідний код ЦП дорівнюватиме вихідному коду у першому такті роботи. Це забезпечуватиме зростання швидкодії пристрою, через те, що не витрачається додатковий час на компенсацію $\Delta\phi_1$.

Алгоритм вибору режиму роботи пристрою можна подати такою частиною блок-схеми, що програмно реалізується у ЦП (рис. 2).

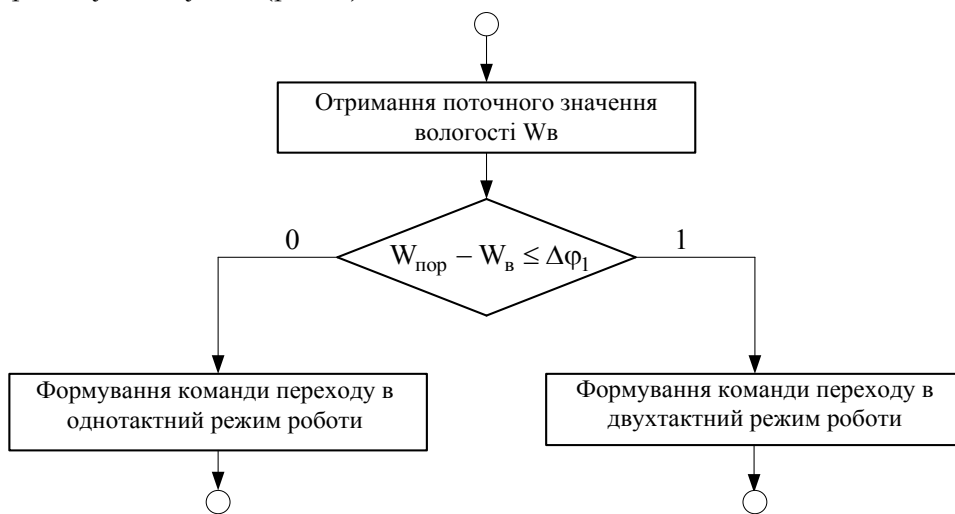


Рис. 2. Частина блок-схеми алгоритму роботи ЦП

Цей фрагмент алгоритму здійснює вибір необхідного режиму роботи, забезпечуючи цим

самим автоматичне налаштування пристрою у функції «точність—швидкодія»

Висновки

1. Запропоновано метод компенсації фазо-амплітудної похибки при перетворенні вологості у різницю фаз електромагнітних хвиль ВЧ діапазону та структурну схему пристрою для його реалізації.

2. Встановлено, що похибка, яка вноситься додатковими вузлами від виходу БВЧ в динамічному діапазоні до 40 дБ, не перевищує 0,1°.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кухарчук В. В. Аналіз методів неруйнівного контролю вологості гетерогенних дисперсних діелектриків / В. В. Кухарчук, В. В. Богачук, І. К. Говор, В. Ф. Граняк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 5. — С. 7—14.
2. Кухарчук В. В. Дослідження параметрів затухання та зміщення фази електромагнітних хвиль від вологості середовища їх поширення / В. В. Кухарчук, В. В. Богачук, Ю. О. Дмитрієв, В. Ф. Граняк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 4. — С. 103—106.
3. Глинченко А. С. Цифровые методы измерения сдвига фаз / А. С. Глинченко, С. Ф. Контдорф. — Новосибирск : Наука, 1979 г. — 280 с.
4. Вишенчук И. М. Электромеханические и электромагнитные фазометры / И. М. Вишенчук. — М. : Госэнергоиздат, 1962 г. — 208 с.
5. Поздняков И. К. Определение амплитудных погрешностей фазометров / И. К. Поздняков // Труды ин-тов Комитета. — Вып. 70 (130). — М. : Стандартгиз, 1963 г.
6. Патент СРСР №3667282/24-21. Измеритель фазовых сдвигов / В. Л. Кофанов, В. Я. Николаев ; опубл. 30.09.1985 г. Бюл. № 36.
7. Панфилов В. А. Машины и аппараты пищевых производств / В. А. Панфилов. — М. : Высшая школа. — 2001. — 703 с.

Рекомендована кафедрою теоретичної електротехніки та електричних вимірювань

Стаття надійшла до редакції 15.05.12

Рекомендована до друку 5.06.12

Кухарчук Василь Васильович — завідувач кафедри, **Володимир Якович Николаєв** — старший науковий співробітник.

Кафедра теоретичної електротехніки та електричних вимірювань;

Богачук Володимир Васильович — доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів;

Граняк Валерій Федорович — студент Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця