

УДК 535.853.54.57

А.Буняк, канд. техн. наук, А.Борисенков

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗРОБКА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СУХИХ РЕЧОВИН У НАПІВПРОДУКТАХ МЕТОДОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ

У статті розроблено схему устаткування, призначеного для контролю чистоти продуктів хімічної та харчової промисловостей, шляхом використання методу спектрофотометрії. Це устаткування можна впровадити у технологічні процеси контролю напівпродуктів хімічної та харчової промисловостей.

Конкурентність продуктів харчових та переробних виробництв можлива при досягненні ними стандартів світового рівня при мінімальній собівартості. Одним із важливих факторів є впровадження у технологічний процес нових методів контролю параметрів напівпродуктів, що сприяє автоматизації виробничих процесів.

Більшість розчинних речовин і сполук, які обробляються в технологічних процесах харчових виробництв (зокрема у виробництві цукру-рафінаду), являються домішками до основного продукту, тим самим погіршують його якісні показники.

Ці сполуки, як правило, мають властивість поглинати електромагнітне випромінювання видимої області оптичного діапазону та близьких ультрафіолетового та інфрачервоного. Тому цей параметр є основним при оцінці якості очистки.

Суть запропонованого нами методу полягає у контролі степені поглинання водним розчином напівпродукту електромагнітного випромінювання заданої частоти. Процес контролю полягає у порівнянні значення інтенсивності світлового потоку, який проходить через шар контрольованої речовини із значенням, яке відповідає прозорому розчину. Причому порівнюються електричні сигнали відповідних інтенсивностей світлових потоків, що підвищує точність контролю.

Як відомо, при проходженні світлової хвилі через речовину частина енергії поглинається атомами речовини (рис.1).

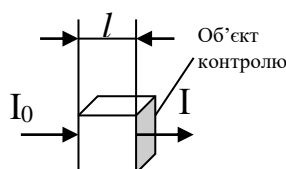


Рисунок 1. Умовне зображення проходження світлової хвилі через речовину.

Інтенсивність світлового потоку при проходженні через речовину зменшується за законом Бугера-Бера [1]:

$$I = I_0 \cdot e^{-K \cdot l}, \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність світлового потоку на вході в об’єкт контролю;
 l – шлях, який проходить світловий потік у контрольованій речовині;
 K – коефіцієнт поглинання.

У переробній промисловості для контролю забарвленості продуктів використовують показник степені пропускання речовиною світлового потоку T [2].

При цьому залежність показника T від I_0 наступна:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

Підставивши вираз (2) у формулу (1) отримуємо: $T = e^{-K \cdot l}$.

Нами запропонований пристрій [3], який здійснює контроль забарвленості об’єкта дослідження шляхом визначення показника T .

Пристрій контролює забарвленість речовини порівнянням електричних сигналів, еквівалентних інтенсивності світлових потоків. Отже, щоб здійснити перетворення світлової енергії в електричну, використовуємо фотопертворювач, роль якого виконує фотодіод.

При застосуванні такого фотодавача у фотогенераторному режимі роботи, тобто без зовнішнього джерела живлення, закон який визначає напругу фото е.р.с. діода описується виразом [1]:

$$U = a^{-1} \cdot \ln \left(\frac{S \cdot I}{I_s} + 1 \right), \quad (3)$$

де a – постійна, що визначається властивостями діода;
 S – інтегральна струмова чутливість діода;
 I – світловий потік, що падає на діод;
 I_s – зворотний струм через р-п перехід.

Підставивши вираз (2) у формулу (3), отримаємо залежність напруги фото е.р.с. діода від коефіцієнта пропускання речовиною світлового потоку T :

$$U = a^{-1} \cdot \ln \left(\frac{S \cdot T \cdot I_0}{I_s} + 1 \right). \quad (4)$$

Величина $S \cdot I_0$ фактично визначає фотострум діода, а відношення $\frac{S \cdot I_0}{I_s} \gg 1$ для фотогенераторного режиму роботи [1].

Отже, можна зробити висновок, що

$$U \sim \ln T;$$

При порівнянні значення U з еталонним U_0 отримаємо:

$$U_0 - U \sim \ln T$$

Після логарифмування:

$$\frac{e^{U_0}}{e^U} \sim T \quad (5)$$

Оскільки величина e^{U_0} постійна, можна записати:

$$T = k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot U},$$

де k_1 і k_2 – коефіцієнти пропорційності, які враховують властивості діода і значення еталонного сигналу U_0 .

Як видно із виразу (5), при рівності U_0 і U $T=1$. Це частковий випадок, який характеризує відсутність поглинання об'єктом контролю світлового випромінювання.

Для забезпечення достатньо великого динамічного діапазону зміни сигналу фотодіода, необхідно задатись мінімальною фото е.р.с., яка відповідатиме нижній границі вимірювання. Це значення лімітується вхідними параметрами підсилювача, на вхід якого поступає сигнал від фотодіода. Максимальну величину фото е.р.с. фотодіода приймемо 0,4В.

При використанні прецизійного операційного підсилювача (ОП) типу К140УД12 мінімальну вхідну напругу можна прийняти 5 мВ (що перевищує на 2 порядки е.р.с. шумів, приведених до входу ОП), [4].

Отже, динамічний діапазон вхідного сигналу становить $U_{max}/U_{min}=0,4/0,005=80$, або 38Дб.

Якщо проаналізувати похибку вимірювань, що вноситься температурною нестабільністю ОП при зміні температури в робочому інтервалі ОП ($-40^{\circ}\text{C}\div 60^{\circ}\text{C}$), отримаємо:

$$\delta = \frac{\Delta U}{U} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-3}} = 1\%,$$

де ΔU – напруга, зумовлена температурною нестабільністю ОП. (Для ОП типу К140УД12 температурна нестабільність $0,5 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$).

Функціональна схема пристрою зображена на рис. 2.

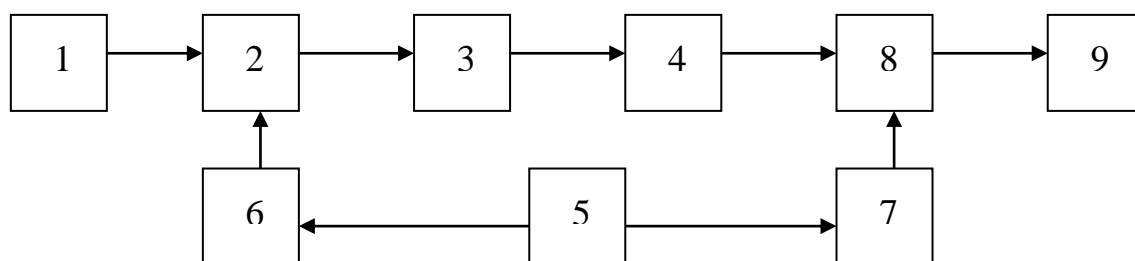


Рисунок 2. Функціональна схема устаткування для кількісної оцінки сухих речовин у напівпродуктах.

До складу пристрою входить освітлювач 1, оптично пов'язаний із блоком монохроматорів 2, в якому розміщені світлофільтри із різною довжиною хвилі пропускання. Безпосередньо за блоком монохроматорів розміщена кювета із об'єктом дослідження 3, а за нею – фотоприймач 4. Керування блоком монохроматорів здійснюється блоком 5 через магнітний електропривід 6. Блок керування також синхронізує в часі операції порівняння отриманого сигналу від фотоприймача з відповідним еталонним сигналом. Еталонні сигнали формує блок 7, а порівняння їх з отриманим сигналом від фотоперетворювача здійснює блок 8. Після цього отримане значення виводиться на вторинний прилад 9.

Пристрій працює таким чином: освітлювач формує світловий потік, який містить спектр випромінювання з довжинами хвиль видимої області оптичного спектра (400-720 нм). Цей світловий потік проходить через блок монохроматорів який у відповідності із активним монохроматором виділяє із нього вузький пучок заданої довжини хвилі, що

визначається резонансною частотою хвилі пропускання активного на цей момент часу монохроматора. Після цього монохромне світло проходить через кювету з об'єктом дослідження, і надходить на фотоприймач. В останньому відбувається перетворення світлової енергії в електричну. Після цього сигнал з виходу фотоприймача надходить на один вхід блока порівняння, на інший вхід якого надходить сигнал від блока еталонних сигналів. При відсутності поглинання об'єктом дослідження світлової енергії освітлювача (досліджувана рідина прозора), сигнал від фотоприймача дорівнює значенню відповідного еталонного сигналу, і на виході блока порівняння формується нульовий сигнал. Це свідчить про відсутність забарвленості об'єкта дослідження на заданій монохромній ділянці оптичного спектра. При поглинанні об'єктом дослідження світлового випромінювання (досліджувана рідина має забарвленість), значення сигналу на виході блока порівняння буде залежати від ступені забарвленості об'єкта дослідження, а індикатором цього сигналу служить вторинний прилад. Роботу блока монохроматорів, блока еталонних сигналів і блока порівняння синхронізує блок керування.

За допомогою генератора, розміщеного у блоці керування, синхронізується комутація сигналів від блока еталонних сигналів і управління електроприводом автоматичної зміни монохроматорів. Комутація еталонних сигналів порівняння реалізується за допомогою інтегрального аналогового мультиплексора.

Еталонні сигнали порівняння вибираються такими, щоб на всіх ділянках оптичного спектра, які формуються монохроматорами (світлофільтрами), при відсутності в об'єкті дослідження поглинання енергії світлового випромінювання (відсутності забарвлення), на виході блока порівняння був присутній нульовий сигнал.

Принципова електрична схема запропонованого пристрою подана на рисунку 3.

Блок порівняння реалізований на прецизійному операційному підсилювачі DA1 типу K140УД12. На один вхід цього підсилювача надходить сигнал від фотоприймача, а на другий – еталонний сигнал. Блок еталонних сигналів являє собою магазин опорів R11-R18, з яких сигнали надходять на аналоговий мультиплексор DD2.

Дешифратор DD3 застосовується для управління електромагнітами поворотного механізму блоку монохроматорів. Низьким рівнем сигналу на базі одного з ключових транзисторів VT1-VT8 забезпечується комутація відповідного електромагніту (Y1-Y8). Таким чином реалізується покроковий поворот секторного диску з монохроматорами і встановлення почергово кожного з них навпроти освітлювача HL1. Цим забезпечується почерговий розподіл спектру випромінювання через об'єкт контролю, оскільки кожен наступний монохроматор має резонансну частоту пропускання більшу ніж попередній. Таким чином контроль забарвленості об'єкта дослідження здійснюється у всьому оптичному діапазоні (400-720 нм).

При застосуванні даного пристрою в системі автоматизованого контролю передбачається вхід керування X1, що дозволяє в широких межах змінювати час операції контролю забарвленості шляхом подачі на нього нульової напруги, а також лінії A0, A1, A2, двійковий код на яких визначає номер активного світлофільтра.

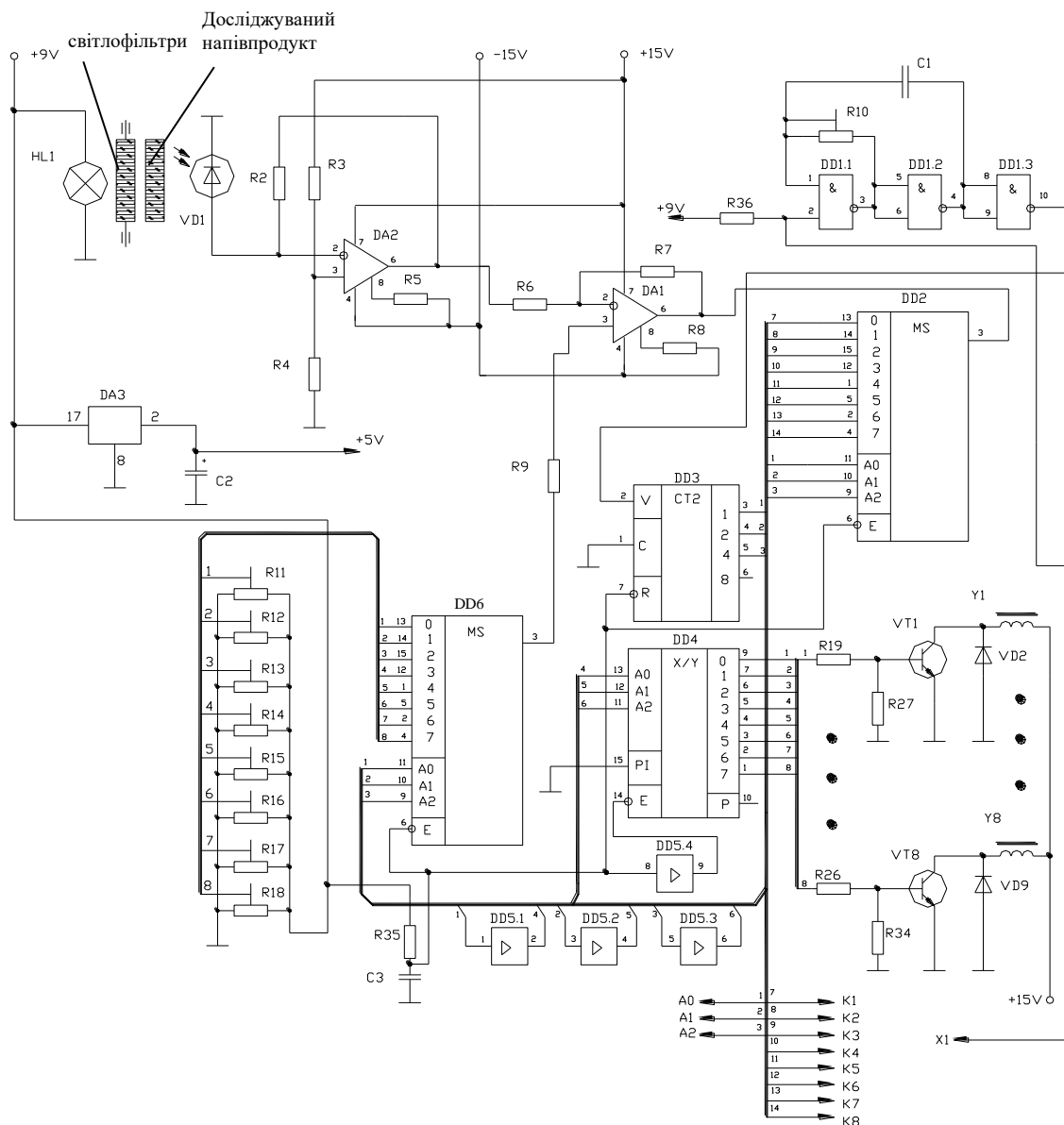


Рисунок 3. Принципова електрична схема устаткування для кількісної оцінки сухих речовин у напівпродуктах (DD1 – K561JA7; DD2, DD6 – K561KP2; DD3 – K561IE10; DD4 – KM155ID11; DD5 – K561PY4; DA1, DA2 – K140YD12; DA3 – KP142EH5A).

Висновок

Запропонований пристрій забезпечує високу точність вимірювань, оскільки сигнал від об'єкта контролю і еталонний сигнал порівнюються за допомогою прецизійного операційного підсилювача, що дозволяє використовувати його безпосередньо у автоматизованому процесі очистки рафінадного виробництва на цукрових заводах.

This article is dealing with designing of modern equipment for control of pure components in product taking to the considerations both chemical and food industries by mean of spectrophotometrical method. It may be provide into some technological processes of control of such branches as chemical and food industries.

Література

1. Мухитдинов М., Мусаев Э.С. Светоизлучающие диоды и их применение.- М.: Радио и связь, 1988.-85с.
2. Бугаенко И.Ф. Технохимический контроль сахарного производства.-М.: Агропромиздат, 1989.- 115с.
3. Буняк А.М., Борисенков А.А. Спектрофотометр, позитивне рішення за заявкою № 99042244 від 21.04.99р. НДЦПЕ України.
4. Справочная книга радиолюбителя-конструктора/Под.ред Н.И.Чистякова/ М.: Радио и связь, 1993, т.2.

Отримано 15.05.2000 р.