

УДК 621.384.2

*В. О. ШКОЛЬНИЙ, канд. техн. наук*

## **ПРО ПОБУДОВУ УНІВЕРСАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЧІВ ПАРАМЕТРІВ ПАПЕРУ**

На якість друкованої продукції суттєво впливає стабільність таких параметрів паперу, як товщина та поверхнева щільність, товщина фарбового покриття, вологість, насиченість лаком, парафіном та іншими наповнювачами. Всі ці параметри визначають поверхневу щільність паперу  $\rho$  [г/м<sup>2</sup>].

Можливість вимірювання всіх цих величин через поверхневу щільність дасть змогу побудувати універсальні вимірювачі параметрів паперу та створити на їх основі автоматичні пристрої стабілізації відповідних параметрів. Для забезпечення неперервності технологічного процесу такі вимірювачі повинні базуватись на безконтактному методі вимірювання, забезпечувати необхідну чутливість і точність у широкому діапазоні регульованих величин, надійну роботу в умовах виробництва, тобто в умовах вібрації машин і паперового полотна, перепаду температур, тиску і т. п.

В результаті проведеного аналізу виявлено, що найбільш доцільні радіоізотопні методи вимірювання. Застосування радіоізотопних випромінювань у контрольно-вимірювальній техніці базується на використанні різних видів взаємодії їх з речовиною [1]. Найбільш доцільним з точки зору можливості автоматизації вимірювання при неперервному технологічному процесі є використання поглинання випромінювання речовиною.

Для одержання відповідної інтенсивності випромінювання, безпеки обслуговування, простоти захисту від опромінення та вимог універсальності вимірювачів параметрів паперу як радіоізотопний елемент доцільно використовувати джерела бета-випромінювання з мінімальними побічними гама-випромінюваннями.

Ослаблення вузьких пучків бета-випромінювання при проходженні через речовину наближено описується експоненціальним законом [4]

$$I = I_0 e^{-\mu_L d}, \quad (1)$$

де  $I_0$  — інтенсивність потоку випромінювання, що падає на поглинач;  $I$  — інтенсивність потоку випромінювання, що пройшов через шар поглинача товщиною  $d$ ;  $\mu_L$  — лінійний коефіцієнт поглинання.

Відношення  $\mu_L/\rho = \mu_m$  — називається масовим коефіцієнтом поглинання. Тут  $\rho$  — щільність шару речовини поглинання, г/см<sup>3</sup>. Підставляючи значення  $\mu_L$  у вираз (1), одержуємо

$$I = I_0 e^{-\mu_m \rho d}. \quad (2)$$

Для речовин складних сполук лінійний коефіцієнт поглинання можна знайти, якщо відомі лінійні коефіцієнти поглинання для всіх компонент [3]. Розрахункова формула має вигляд

$$\mu_L = \sum_{(i)} C_i \mu_{Li},$$

де  $\mu_{Li}$  — лінійний коефіцієнт поглинання  $i$ -ї компоненти;  $C_i$  — відносний вміст  $i$ -ї компоненти в речовині.

Основний складовий елемент паперу — целюлоза, що є водневою сполукою. Наповнювачі паперу, наприклад парафін, природні лаки, також водневі сполуки.

Відомо, що іонізаційні втрати в більшості речовин приблизно пропорціональні щільності  $\rho$ , і шари з однаковою поверхневою щільністю за гальмівною дією практично еквівалентні. Виняток

становить лише водень  $^1H$ , іонізаційні втрати в якому вдвоє вищі, ніж в інших речовинах [3], що має місце при поглиннанні бета-випромінювання паперу.

В УПІ ім. Ів. Федорова створено лабораторний прилад для контролю і вимірювання параметрів паперу. Прилад побудовано за диференціальною схемою вимірювання, в яку входять два джерела радіоізотопного випромінювання, дві іонізаційні камери, підсилювач, стрілковий вимірювальний прилад. Величина радіоізотопного випромінювання регулюється за допомогою механізмів відкривання діафрагм.

Як підсилювач постійного струму застосовано операційний підсилювач типу 701 МЛ 19, який характеризується вхідним опором порядку 5 ГОм при напрузі вхідного сигналу 5 В.

Для забезпечення вимог універсальності вимірювання параметрів паперу радіоізотопні елементи вибрано на відносно високі іонізаційні струми. Джерела радіоізотопного випромінювання взято типу БІП-20, які забезпечують роботу приладу навіть при незначному відкриванні діафрагми. Тривалість нормальної роботи приладу без перезарядки джерел — не менше трьох років, а з заміною опору навантаження [2] її можна значно продовжити.

Об'єм іонізаційних камер 150 см<sup>3</sup>. Блок живлення приладу зібрано на інтегральних схемах типу 701 МП 21 та 701 МП 22. Як вимірювальний прилад вибрано мікроамперметр типу М 906.

Одним з основних питань при побудові вимірювальних пристроїв є оцінка точності вимірювання. Найвища точність досягається при нульових методах порівняння, коли вимірювана величина порівнюється з другою, значення якої визначається мірою. У цьому випадку на точність вимірювання впливає в основному чутливість нуль-індикатора та точність міри. Цей метод можна застосувати для контролю параметрів паперу, наприклад контролю поверхневої щільності паперу  $\rho$ .

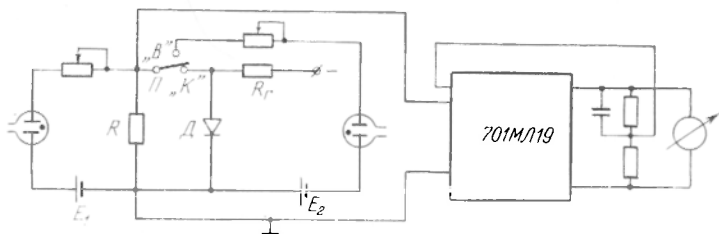
Якщо в базовий детектор помістити папір з заданим значенням  $\rho$ , а в робочий детектор помістити вимірюваний папір, то нульове значення нуль-індикатора буде свідчити про рівність поверхневої щільності обидвох зразків.

Аналогічно проводиться контроль насичення паперу наповнювачем. Недоліком методу є відсутність кількісної оцінки відхилення вимірюваного параметру.

Більш доцільно застосовувати диференціальну схему вимірювання, при якій дія вимірюваної величини на вимірювальний механізм повністю не компенсується дією зразкової міри. Тоді вимірювана величина визначається за зразковою мірою (папір з номінального зразковою щільністю) та показом вимірювального механізму.

Точність тут достатньо висока. Наприклад, якщо вимірювальний механізм вимірює поверхневу щільність з точністю 3% при різниці поверхневих щільностей зразкового та вимірюваного паперу 10%, то відносна похибка  $3 \cdot 10 / 100 + 1 = 1,3\%$  за умови, що 1% визначається неточністю вимірювального механізму.

Можлива побудова вимірювачів доважку паперового полотна за рахунок наповнювачів за автокомпенсаційною схемою з використанням повного сигналу від диференціального входного датчика. У цьому випадку в базовий детектор поміщається лише паперова основа, а в робочий — папір з наповнювачем. Оскільки вимірювання здійснюється по всій шкалі вимірювального приладу, то з врахуванням формули (2) виникає похибка, викликана нелінійністю, яку можна дещо зменшити відповідним градуванням шкали приладу.



Принципіальна електрична схема приладу.

Наведені міркування справедливі за умови, що підсилювач незалежно від  $\rho$  і старіння радіоізотопних джерел завжди працює в одному режимі. З цією метою в приладі використовується можливість за допомогою діафрагм незалежно від поверхньої щільності зразка встановлювати номінальний іонізаційний струм детекторів.

Як видно з рисунка, при довільному значенні  $\rho$  та положенні ( $K$ ) перемикача  $\Pi$  спад напруги на опорі  $R$  дорівнюватиме нулеві при виконанні рівності напруг  $IR = U_{\text{опор}}$ , де  $U_{\text{опор}} = 5 \text{ В}$  — напруга параметричного стабілізатора, яка визначається типом підсилювача.

Для проведення вимірювання перемикач  $\Pi$  переводиться в положення ( $B$ ).

Лабораторний варіант вимірювача параметрів паперу впроваджується у виробництво.

Список літератури: 1. Брода Э., Шенфельд Т. Применение радиоактивности в технике. М., Физматгиз, 1959. 2. Панкратов В. И. Восстановление работоспособности радиоактивных источников в радионуклидных толщиномерх. — «Бумажная промышленность», 1974, № 8. 3. Таточенко А. К. Радиоактивные изотопы в приборостроении. М., Атомиздат, 1960. 4. Шумиловский Н. Н., Мельцер Л. В., Колманов А. А. Радионуклидные методы автоматического контроля состава сложных сред. М.—Л., «Энергия», 1964.

V. A. SHKOLNY

## DESIGNING METERS FOR PAPER PARAMETERS

### Summary

The paper deals with designing meters for paper parameters on the basis of contactless radioisotope measurements. Special attention is paid to the accuracy of such measurements. There is also a description of a laboratory meter.