

12. Хлопов, Б.В. Устройство стирания записи на магнитном носителе [Текст] / Б.В. Хлопов, М.В. Фесенко // Патент на изобретение №2368020 от 20.09.2009г. (приоритет от 30.01.2008г). Бюл. № 26.
13. Хлопов, Б.В. Влияние экранирования при воздействии импульсных магнитных полей на жесткие магнитные носители информации [Текст] / Б.В. Хлопов, М.В. Фесенко, С.В. Герус, А.Ю. Митягин, А.А. Соколовский, М.П. Темиряева // Труды XV Международная научно-техническая конференция «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ», М., 2009, - С. - 223-227.

Abstract

On hard magnetic disks (HDD) and technological processes of their development of the enterprise, manufacturers refer magnetic properties of thin-film materials of modern carriers to a commercial property and keep a secret. Having carried out researches of magnetic properties of thin-film materials of modern hard magnetic disks it is possible by means of a visual method of nuclear power microscopy (ASM), to define value of magnetization of saturation of a magnetic material. Depending on structure of a material it is magnetized a most of saturation of thin-film samples changes largely - from 300 to 786 kA/m [1]. Coercive force of a material, the prima as a working layer, depends on its structure, from properties of a substrate, existence a pro-boundary path of exact layers and technology of its manufacturing [2]. Necessary conditions, for development of devices of reliable deleting of information from modern HDD, are based on criteria, impossibility of recovery of information known methods in time at which it doesn't lose the urgency. It means that criteria of a choice of parameter of value of intensity of the erasing magnetic field, presented in this article for impacts on HDD constant, variation and pulse fields, guarantee reliable deleting of information when using in development of devices of emergency deleting of information.

Keywords: pulse magnetic field, magnetic disk, coercive force of material, nuclear power microscopy, magnetization of saturation, magnetic relief, guaranteed deleting of information

Виділено та проаналізовано основні складові похибки вимірювання вологості газу, здійснено оцінку помилок першого і другого роду та визначено вірогідність автоматизованого контролю вологості природного газу

Ключові слова: відносна вологість, контроль, похибка вимірювання

Выделены и проанализированы основные составляющие погрешности измерения влажности газа, проведена оценка ошибок первого и второго рода и определена вероятность автоматизированного контроля влажности природного газа

Ключевые слова: относительная влажность, контроль, погрешность измерения

УДК 621.311.25

АНАЛІЗ ПОХИБОК АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Й.Й. Білінський

Доктор технічних наук, професор
Кафедра електроніки*

Контактний тел.: (0432) 59-83-14

E-mail: Yosyp.bilynsky@yandex.ua

О.С. Городецька

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра телекомунікаційних систем і телебачення*

Контактний тел.: 066-724-31-54, (0432) 59-83-58

E-mail: horodecka.os@gmail.com

С.С. Білошкурський*

Контактний тел.: 093-575-22-21

E-mail: sseerrgg99@gmail.com

Кафедра автоматички та інформаційно-вимірювальної техніки*

*Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

1. Вступ

Вологість повітря є одним з параметрів, які визначають самопочуття людини і умови комфорту чи дис-

комфорту. Разом з тим, вологість технологічних газів (повітря, азот, аргон, кисень, водень і т. д.), що використовуються в різних галузях промисловості і сільськогосподарства вирішальним чином впливає на якість

(а часто і кількість) продукції, що випускається. Тому задача вимірювання вологості газів є досить поширеною і актуальною.

2. Аналіз літературних даних

Як показав аналіз науково-технічної літератури [1-2], на сьогоднішній день найбільше застосування знаходять такі види датчиків вологості газів: емнісні, електропровідні, термисторні та датчики температури точки роси (рідка та газова фази води знаходяться в рівновазі). В останній час все більш поширеними стають аналізатори на основі спектрометрів, більшість яких працює в інфрачервоній області. Особливість інфрачервоного спектра полягає в тому, що поглинання випромінювання залежить не тільки від всієї молекули в цілому, але й від наявності в ній певних груп атомів, навіть окремих зв'язків між атомами [2].

3. Матеріали та результати досліджень

Запропоновано інфрачервоний двоканальний аналізатор вологості газу з використанням оберненого зв'язку, який детально описаний в роботах [3-4].

Метою даної роботи є аналіз похибок вимірювання вологості природного газу.

На точність вимірювального перетворення вологості газу впливають різні фактори. Сумарна похибка вимірювання – це функція від багатьох змінних $\delta_x = f(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$ й для врахування всіх похибок необхідно проаналізувати механізм і причини їх виникнення. Основні похибки, що виникають під час вимірювального перетворення, за місцем їх виникнення можна розділити на такі:

- похибка давача температури δ_T , яка вказується виробником;
- похибка встановлення положення й розмірів світлового потоку $\delta_{p,sv}$;
- похибка виділення ширини спектрального інтервалу світлодіода, яка вказується виробником $\delta_{D,\lambda}$;
- похибка перетворення приймача випромінювання $\delta_{фп}$, яка вказується виробником;
- похибки аналого-цифрового перетворення $\delta_{АЦП}$;
- інші похибки різноманітного походження та дестабілізуючі фактори навколишнього середовища.

Отже, загальна інструментальна похибка буде мати вигляд:

$$\delta_i = \sqrt{\delta_T^2 + \delta_{p,sv}^2 + \delta_{D,\lambda}^2 + \delta_{фп}^2 + \delta_{АЦП}^2}. \quad (1)$$

Підставивши орієнтовні значення похибок, які взяті із паспортних даних окремих структурних блоків, отримаємо значення похибки, яка становить 1,9%.

Методичні похибки виникають через недосконалість методу вимірювання та наближень, що допускаються при проектуванні засобу контролю. До методичних похибок відносяться: похибка $\delta_{m.m.}$ вимірювального перетворення математичної моделі переносу вимірювання через первинний перетворювач; похибка δ_λ вибору характеристичної довжини хвилі, на якій буде проводитись вимірювання (оцінюється залежно від вигляду спектру поглинання вибраного

газу); похибка δ_ϕ , що виникає через виключення із розрахунків показника розсіювання випромінювання (пов'язана з явищем флуоресценції молекул газу, а також зменшується довжина шляху пучка випромінювання в оптичному первинному перетворювачі; похибка δ_B , що з'являється внаслідок відхилення від закону Бугера, який лежить в основі методу інфрачервоної абсорбційної спектроскопії. Таке відхилення спостерігається лише в тих випадках, коли тривалість збудженого стану молекул поглинаючої речовини велика. Але на практиці відхилення викликаються взаємодією між собою молекул поглинаючого середовища, а це призводить до зміни коефіцієнта поглинання.

Таким чином, загальна методична похибка:

$$\delta_M = \sqrt{\delta_{m.m.}^2 + \delta_\lambda^2 + \delta_\phi^2 + \delta_B^2}. \quad (2)$$

Підставивши відповідні значення похибок, отримуємо значення методичної похибки – 0,34%.

Загальна похибка вимірювань дорівнює сумі інструментальних і методичних похибок і складає 2,24%.

Зрозуміло, що кожна інструментальна і методична похибка міститься у своєму складі, крім фіксованої статичної, ще й випадкову складову. Поява випадкових похибок під час вимірювання і контролю вологості рядом факторів, а саме: можливими флуктуаціями густини середовища, різкої зміни зовнішньої температури, тиску природою досліджуваному об'єкту та ін.

Однією з найбільш суттєвих похибок при використанні АЦП є похибка квантування або похибка одного відліку. Цю похибку неможливо вилучити, оскільки вона є невід'ємною частиною процесу перетворення. Вона складається з похибки цифрового представлення, що обумовлена наявністю квантування за рівнем (кінцева кількість дозволених рівнів сигналу) та інструментальної похибки АЦП. Інструментальна похибка зумовлена наявністю шумів та випадкових завад як у вхідному сигналі, так і у вузлах АЦП, що виникають в процесі виготовлення та експлуатації.

Виникнення цієї похибки обумовлене багатьма факторами та її закон розподілу наближається до нормального. В подальшому, для спрощення розрахунків, будемо вважати, що інструментальна похибка відсутня. Похибка квантування δD при великій кількості розрядів вихідного коду може бути описана прямокутним законом розподілу (закон рівномірної щільності), що відповідає рівній щільності ймовірності похибки квантування в межах $\pm h/2$, де h – крок квантування. Значення кванту жорстко пов'язане з максимальним значенням вхідної напруги АЦП та кількістю двійкових розрядів АЦП

$$h = \frac{U_{Dmax}}{2^n}, \quad (3)$$

де n – кількість розрядів АЦП;

U_{Dmax} – максимальне значення вхідної напруги АЦП.

Якщо максимальному значенню вхідної напруги АЦП U_{Dmax} відповідає максимальне значення вологості H_{max} , яке можна вимірювати даним засобом, то можна записати вираз для абсолютної похибки визначення вологості, що зумовлена квантуванням вихідного сигналу

$$\delta_D = \frac{H_{\max}}{2^{n+1}} \tag{4}$$

Для 10-розрядного АЦП похибка квантування дорівнює 0,1%.

Закон розподілу похибки, яка зумовлена квантуванням вихідного сигналу [5], описується таким виразом:

$$p(\delta_D) = \frac{1}{h} = \frac{2^n}{H_{\max}}, \delta_D \in \left[-\frac{H_{\max}}{2^{n+1}}, \frac{H_{\max}}{2^{n+1}} \right] \tag{5}$$

Амплітудно-частотному перетворенню властива похибка квантування, що виникає при перетворенні аналогової величини в дискретну. Похибка квантування розглянута вище при дослідженні похибки АЦП.

Серед інших незалежних випадкових факторів різноманітного походження, що впливають на сумарну похибку вимірювання вологості газу, не можна виділити домінуючого. До них можна віднести такі:

- оптичні аберації в головній лінзі;
- похибка фокусної відстані оптичної системи;
- похибка центрування оптичної системи;
- похибка підсилення вихідної напруги;
- нестабільність джерела випромінювання;
- електричні та електромагнітні завади, що впливають на компоненти електричної схеми.

Тоді, згідно з центральною граничною теоремою [6], коли кількість незалежних випадкових завад велика, маємо нормальний закон розподілу загальної похибки вимірювання від випадкових завад з нульовим математичним очікуванням, який описується виразом

$$p(\delta_r) = \frac{1}{\sigma_r \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{\delta_r^2}{2 \cdot \sigma_r^2}\right) \tag{6}$$

де δ_r – похибка вимірювання вологості, що зумовлена дією випадкових завад;

σ_r – значення СКВ цієї похибки.

Аналізуючи описане вище, можна виділити такі складові частини загальної похибки вимірювання вологості, які суттєво впливають на результат і повинні бути враховані обов'язково:

- похибка квантування (закон розподілу похибки – прямокутний);
- похибка вимірювання вологості, що зумовлена дією випадкових завад (закон розподілу похибки – нормальний з нульовим математичним очікуванням).

Параметри прямокутного розподілу можуть бути розраховані за формулами для конкретного значення розрядності АЦП (використано 10-ти розрядний АЦП), а параметри

нормального розподілу, який описує дію випадкових завад, не відомі. Тому, згідно з рекомендаціями [5], доцільно розглянути три випадки, кожний з яких відрізняється співвідношенням СКВ відомого закону розподілу до СКВ невідомого закону розподілу. Тобто розглядають випадки, коли значення СКВ закону розподілу, параметри якого не відомі, суттєво відрізняється у менший бік, більший бік та співпадає з СКВ закону, параметри якого відомі.

Закон розподілу загальної похибки вимірювання вологості є композицією законів розподілу похибки квантування та похибки, що зумовлена різноманітними випадковими завадами. Він визначається як згортка законів розподілу складових загальної похибки [5] за формулою

$$p(y) = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(y-x) \cdot p_2(x) dx \tag{7}$$

де $p(y)$ – результуючий закон розподілу (згортка); $p_1(x)$ та $p_2(x)$ – початкові закони розподілу.

Запишемо аналітичний вираз для виконання цієї операції

$$p(\delta_s) = p(\delta_{rD}) = p(\delta_r) \cdot p(\delta_D) = \frac{2^n}{H_{\max} \cdot \sigma_r \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(\delta_r - \delta_D)^2}{2 \cdot \sigma_r^2}\right) d\delta_D \tag{8}$$

де $p(\delta_s)$ – загальний закон розподілу похибки вимірювання вологості;

$p(\delta_{rD})$ – композиція нормального закону розподілу з прямокутним.

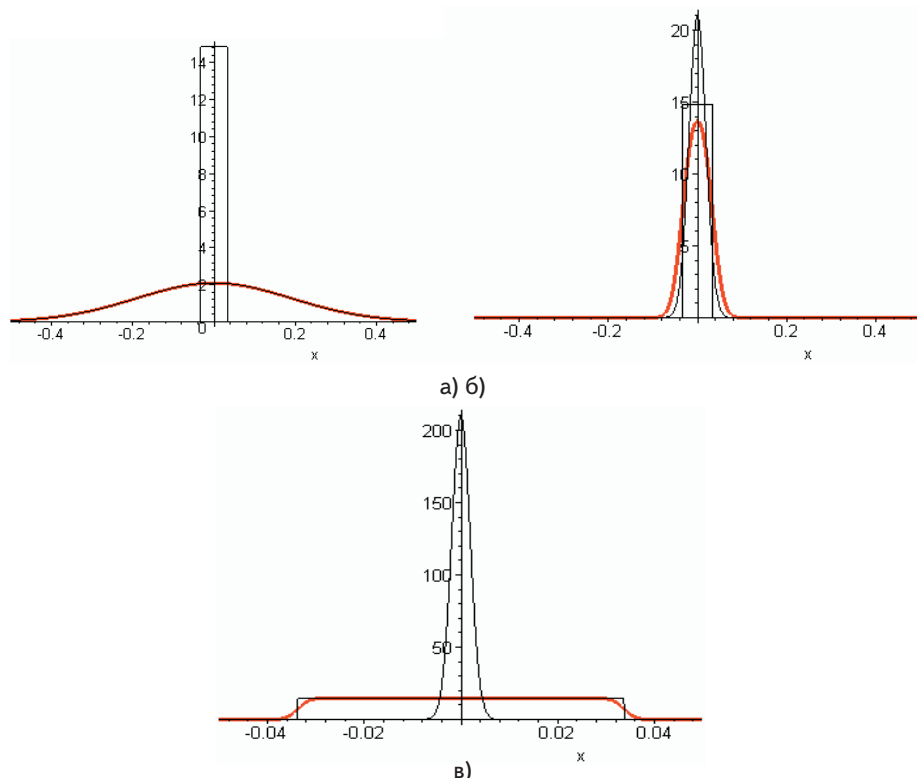


Рис. 1. Композиція законів розподілу похибки квантування та похибки, зумовленої випадковими факторами: а) $\sigma_r \gg \sigma_D$, б) $\sigma_r \approx \sigma_D$, в) $\sigma_r \ll \sigma_D$

Для чисельного розв'язку інтегралу (8) та побудови графіків використано математичне середовище Maple 10 (рис. 1).

На рис. 1 наведені залежності δ_s загального закону розподілу похибки вимірювання вологості для трьох випадків, які відрізняються ступенем впливу випадкових завад: $\sigma_r \gg \sigma_D$, $\sigma_r \approx \sigma_D$, $\sigma_r \ll \sigma_D$.

Розглянуто помилки контролю вологості природного газу, що виникають при використанні розробленого оптико-електронного засобу контролю вологості. Отримано аналітичні вирази та залежності помилок першого і другого роду від середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання відносної вологості.

Розрахунки проводились за таких початкових значень: контрольні прирости полів допуску за нижньою та верхньою межами дорівнюють нулю, поле допуску $\Delta_C = 0,1\text{C}^\circ$, середньоквадратичне відхилення центрального значення вологості $\sigma_C = 0,4229\text{C}^\circ$ т.р.

Підставляючи визначені параметри у формули для розрахунку помилок контролю першого та другого роду та розв'язавши їх за допомогою математичного пакета Maple, отримано залежності помилок першого та другого роду від середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання відносної вологості.

4. Висновки

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1. Виділено основні складові інструментальної похибки (похибка АЦП, похибка амплітудно-частотного перетворення, похибка від дії інших впливів). Встановлено, що вони мають випадковий характер. Знайдено композицію законів розподілу для виділених складових випадкової похибки.

2. Оцінено можливі значення інструментальних та методичних похибок вимірювань концентрації газів за допомогою розробленого засобу. Встановлено, що загальна похибка вимірювань не перевищує 2,24%.

3. Досліджено характеристики зміни помилок контролю першого і другого роду, отримані залежності для розрахунку вірогідності контролю вологості.

Встановлено, що під час контролю вологості природного газу помилка контролю першого роду становить $\alpha = 0,05604$, помилка другого роду – $\beta = 0,000368$. Загальна ймовірність прийняття вірного рішення становить 0,9435.

Література

1. Андрієшин, М.П. Вимірювання витрат та кількості газу: Довідник [Текст] / М.П. Андрієшин, С. О. Каневський, О. М. Карпаш [та ін.]. – Івано-Франківськ: ПП «Сімік», 2004. – 160 с.
2. Берлинер, М. А. Измерения влажности. [Текст] / М. А. Берлинер. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
3. Білінський, Й. Й. Математична модель аналізатора вологості природного газу [електронний ресурс] / Й. Й. Білінський, В. В. Онушко // Наукові праці ВНТУ – 2010.–№4. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2010-4/uk.htm>.
4. Білінський, Й.Й. Двоканальний аналізатор вологості газу та дослідження його статичних метрологічних характеристик [Текст] / Й.Й. Білінський, О.С. Городецька, В.В. Онушко, Б.П. Книш // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №3. – С. 222-228.
5. Володарський, Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник [Текст] / Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б. Сердюк. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.
6. Дунаев, Б.Б. Точность измерений при контроле качества [Текст] / Б.Б. Дунаев. – К.: Техніка, 1981. – 152 с.

Abstract

The article provides further study of the suggested two-channel analyzer of moisture of natural gas using feedback. The main goal is the analysis of measurement errors and evaluation of the possible control of moisture of natural gas. The article highlighted the main components of instrumental and methodological errors of measurement. A composition of distribution laws for selected components of random error was determined and an overall error of measurement was estimated. The errors of the first and the second kind were estimated and the probability of automated control of moisture of natural gas was defined. The suggested moisture analyzer with two-wave system can reduce a measurement error due to lack of necessity of the additional measurements of molar mass of the examined gas and its pressure. On the basis of the research of a model of the analyzer of moisture of natural gas, we can conclude whether it meets the requirements, as the developed analyzer allowed us to increase the susceptibility and reliability of control due to the linearization of the transformation function. This means that the developed analyzer can be used to create an experimental sample of contactless control of moisture on stream

Keywords: relative moisture, control, measurement error