

«Вильямс», 2003.

4. *Ибе О.* Сети и удаленный доступ. Протоколы, проблемы, решения. – М.: ДМК Пресс, 2002.

5. *Ирвин Дж., Харль Д.* Передача данных в сетях: инженерный подход. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

Поступила 19.01.2009р.

УДК 681.785.45

А.С. Ляпандра, Я.Г. Притуляк, ТНЕУ, Тернопіль

Р.О. Корж, національний університет «Львівська політехніка», Львів

ОЦІНКА ПОХИБОК ПЕРЕТВОРЕННЯ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО СИГНАЛУ ТА ЇХ МІНІМІЗАЦІЯ

Annotation: in the article the analysis of informing is conducted to the chemiluminescent signal and the ways of its increase are set.

Вступ

Хемілюмінесцентний (ХЛ) сигнал несе відомості про антиоксидантні властивості біопроби [1] на основі процесів, котрі проходять на атомарному рівні. Наявність шумів та похибок знижує інформативну властивість ХЛ-сигналу, що приводить до зменшення його діагностичної здатності [2]. Похибки перетворення ХЛ-сигналу, які виникають в процесі первинного та вторинного опрацювання сигналу, вносять вагомий вклад у загальну його похибку. Тому їх аналіз з метою мінімізації впливу на точність вимірювання є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз похибок перетворення хемілюмінесцентного сигналу

З метою проведення аналізу похибок перетворення ХЛ-сигналу відобразимо компоненти похибок контролю. Запишемо сигнал на виході сенсора – фотоелектронного помножувача (ФЕП):

$$u_{\text{вих}} = \gamma \bar{A}(x, y) + u_m + \frac{u_1}{f} + u_{\text{кв}}, \quad (1)$$

де γ – функція, яка визначає залежність корисного сигналу від його параметрів; $\bar{A}(x, y)$ – параметр вимірювального ХЛ-сигналу; u_m – напруга внутрішніх термошумів ФЕП; $\frac{u_1}{f}$ – напруга низькочастотних шумів з

розподілом $\frac{1}{f}$; $u_{\text{кв}}$ – шуми квантування.

З виразу (1) отримаємо абсолютну похибку:

$$\Delta U_{\text{вих}} = \bar{A}(x, y) + U_m + U_{\frac{1}{f}} + U_{\text{кв}}, \quad (2)$$

Перша компонента формули $\bar{A}(x, y)$ представляє собою мультиплікативну похибку та визначається змінними розмірами апертури в площині, усередненням товщини краплі (яка має по вертикалі нормальний розподіл) і розмиттям границь.

Інші компоненти є адитивними складовими, викликані власними шумами та просторовими завадами.

Розглянемо тип похибки, яка може бути врахована при формуванні краплі проби та визначається кінцевими розмірами. При цьому проходить усереднення сигналу $\bar{A}(x, y)$ за площею. Тому його розглядаємо як такий, який пройшов через фільтр і на виході отримано його усереднене значення \bar{A}_i :

$$\bar{A}_i = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A(x, y) h_n \{ (x - x_i), (y - y_i) \} dx dy, \quad (3)$$

де $h_n \{ (x - x_i), (y - y_i) \}$ – просторова апаратна функція елемента з координатами (x_i, y_i) .

В медичній діагностиці інформація про розподілений параметр баопробі складається зі просторового розподілу амплітуди та фази:

$$\bar{A}(x, y) = A(x, y) e^{j\varphi(x, y)} \quad (4)$$

При усередненні сенсором отримуємо:

$$\bar{A}(x, y) = A(i) e^{j\varphi(i)} \quad (5)$$

Похибка при усередненні амплітуди:

$$\Delta \gamma [A(i)] = A'(i) - A(i) \quad (6)$$

Похибка при усередненні фази:

$$\Delta \gamma [\varphi(i)] = \varphi'(i) - \varphi(i) \quad (7)$$

Похибка U_m (формула (2)) виникає в ФЕП і активних елементах внаслідок шумів. Але, враховуючи той факт, що ХЛ-сигнал є вузькосмуговим (в діапазоні від 0 Гц до 100 Гц), то і величина U_m , яка пропорційна $\sqrt{\Delta f}$ смуги пропускання, буде також незначною, тому нею знехтуємо.

Складова низькочастотного шуму з розподілом $U_{\frac{1}{f}}$ має значну величину та знаходиться в діапазоні від 0 Гц до 20 Гц. Очевидно, що на верхніх частотах спектру сигналу, де передається найбільша кількість інформації, складовою $U_{\frac{1}{f}}$ можна знехтувати. Якщо вимірювати час кривої

спаду амплітуди до порогового рівня $U_{\text{пор}}$, що використовується в традиційних методиках, за рахунок флуктуацій шумів $U_{\frac{1}{f}}$ (діапазон частот від 0 до 15 Гц) виникають значні похибки при вимірюванні часу $\Delta t_{\text{пох}}$ (рис. 1).

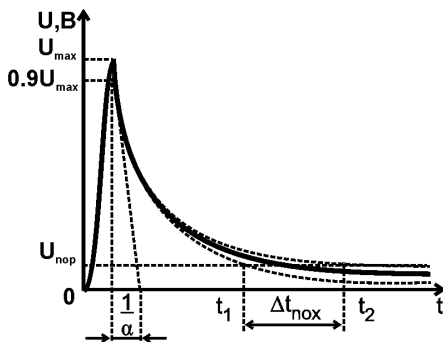


Рис. 1. Похибка вимірювання часу $\Delta t_{\text{пох}}$ та графічна інтерпретація запропонованого способу знаходження часу коефіцієнта швидкості спадання хемілюмінесценції

З рис. 1 видно, що при малому нахилі експоненти за рахунок низькочастотних флуктуацій шуму $\frac{1}{f}$ в проміжку часу $[t_1, t_2]$ похибка $\Delta t_{\text{пох}}$ є значною. Тому, запропоновано вимірювати на високочастотній складовій спад ХЛ-сигналу на рівні $0,9U_{\text{max}}$ (як це прийнято для імпульсних сигналів [3]). Проведено дотичну до пересічення з горизонтальною віссю t і знайдено віддаль $\frac{1}{\alpha}$ [4], що дало нам можливість отримати шукану функцію спаду ХЛ-сигналу $Ae^{-\alpha t}$. При заданні контрольного часу t , аналітично, знайдено точне значення $U_{\text{пор}}$, яке не спотворене низькочастотними шумами, що дає можливість більш достовірно визначити антиоксидантні властивості. Крім цього, враховуючи, що час мірвання темного струму та спонтанної ХЛ зменшений на порядок, визначаючи вдосконалений коефіцієнт швидкості спадання збільшено швидкодію вимірювань у 10 разів, оскільки час мірвання ХЛ-сигналу зменшений до 20 с, порівняно з 360 с. Зважаючи на це зроблено висновок щодо доцільності мірвання величин фронту сигналу порівняно зі величинами спадання, а параметр α є інформативним для опису спаду ХЛ-сигналу.

Зменшення похибок перетворення хемілюмінесцентного сигналу

Розглянемо похибки, які виникають. При цифровому опрацюванні в спектрі появляються шуми квантування сигналу, які вносяться аналого – цифровим перетворювачем (АЦП). Вони пропорційні різниці між аналоговим

та оцифрованим сигналом. Також додаткові шуми виникають при опрацюванні вагових коефіцієнтів перетворення Фур'є, які також представлені числовими значеннями та відповідно вносять спотворення в оцінку спектру ХЛ-сигналу [3].

Кожний відлік $x\{n\}$ представлено як суму неквантованого сигналу $x(n)$, визначеного в момент часу $t_n = \frac{nT}{N}$ і шуму квантування $e(n)$, який вноситься АЦП:

$$x\{n\} = x(n) + e(n) \quad (8)$$

Продуктивність сигналу зменшується за рахунок складової шумів квантування (8). При цьому, щоб виділити слабкий оцифрований сигнал з найвищою ймовірністю необхідно максимізувати співвідношення $\frac{u_c}{u_{шуму}}$.

Для знаходження шуму квантування запишемо формулу дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), яке реалізується за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ):

$$x_{(k)} = T \sum_{n=0}^{N-1} x\{n\} w_c(k_n) - jT \sum_{n=0}^{N-1} x\{n\} w_s(k_n) \quad (9)$$

де N – кількість відліків на періоді T ; k – дискретна частота, яка зв'язана з частотою аналогового сигналу та частотою вибірки f_1 , згідно з співвідношенням $\frac{k}{N} = \frac{f}{f_1}$.

Як видно із (9) вагові коефіцієнти косинусної $w_c(k_n)$ і синусної $w_s(k_n)$ складових є сумою точного значення ХЛ-сигналу та шумів квантування.

Дисперсії шумів квантування та вагових коефіцієнтів розраховано за формулами [3]:

$$\sigma^2 = \frac{h_x^2}{12}, \quad \sigma_{ex}^2 = \frac{h_c^2}{12}, \quad (10)$$

де h_e – крок квантування ХЛ-сигналу, який є різницею між сусідніми рівнями АЦП; $h_s = h_c$ – крок квантування вагових коефіцієнтів перетворення складових ряду Фур'є.

Запишемо вираз для спектру потужності сигналу $S_x(k)$:

$$S_x(k) = S_x^i(k) + S_{ex}(k) + S_{ec}(k), \quad (11)$$

де $S_x^i(k)$ – спектр аналогового сигналу без шумів квантування та вагових коефіцієнтів; $S_{ex}(k)$ – спектр адитивного шуму квантування; $S_{ec}(k)$ – спектр мультиплікативного шуму квантування вагових коефіцієнтів.

Вони розраховані згідно з такими виразами [3]:

$$S_x(k) = \frac{N \cdot T \cdot A^2}{2}, \quad S_{ex}(k) = \frac{T \cdot h_x^2}{12}, \quad S_{ec}(k) = \frac{T \cdot h_c^2}{6 \cdot N} E_x, \quad (12)$$

де E_x – енергія реалізації ХЛ-сигналу.

Враховуючи (12), і те, що максимальний розмах оцифрованого сигналу дорівнює подвоєному значенню амплітуди $2A = h_x \cdot 2^{N_b}$, де N_b – розрядність сигналу, отримано вираз для ефективної розрядності ХЛ-сигналу:

$$N_{ef} = \log_2 \left(\frac{2A}{\sqrt{h_x^2 + A^2 h_c^2}} \right) \quad (13)$$

У результаті обчислення згідно з формулою (13) значення ефективної розрядності ХЛ-сигналу дорівнює 11,3. Тому обрано 12-розрядний сигма-дельта аналого-цифровий перетворювач ADS1278 (Texas Instruments). Вибір типу АЦП обґрунтовано тим, що динамічні характеристики сигма-дельта АЦП не погіршуються у верхньому частотному діапазоні.

Таким чином, за виразом (13) знайдено ефективну розрядність, що дало можливість зменшити $u_{шуму}$ при ШПФ і відповідно збільшити відношення

$\frac{u_{сигн}}{u_{шуму}}$ та провести опрацювання високоінформативної спектральної функції

ХЛ-сигналу малої амплітуди.

Таким чином, зменшуючи похибки і шуми при вимірюванні отримано більше значення співвідношення $\frac{u_{сигн}}{u_{шуму}}$, що приводить до збільшення інформації про антиоксидантні властивості біопроби.

Висновки

У статті проведено оцінку похибок перетворення ХЛ-сигналу. Показано, що зменшити їх можна за рахунок комплексного підходу:

1) проводячи мірювання величин фронту сигналу, на відміну від відомих методик. Внаслідок цього досягнуто не тільки зменшення шумів, але й досягнута можливість значного зменшення часу реєстрації ХЛ-сигналу;

2) визначаючи коефіцієнт швидкості хемілюмінесценції за дотичною на рівні 0,9 напруги спаду;

3) забезпечення ефективної розрядності ХЛ-сигналу дало можливість отримати оптимальне співвідношення $\frac{u_{сигн}}{u_{шуму}}$.

Зменшення похибок перетворення підвищує інформативність ХЛ-сигналу та дає можливість збільшити вірогідність діагнозу.

Запропоновано застосування параметру α для опису спаду ХЛ-сигналу, котрий, на відміну від коефіцієнта швидкості хемілюмінесценції, більш точно відображає антиоксидантні властивості біопроби за рахунок меншого впливу на нього шумів. Для його визначення необхідно в 10 разів менше часу, що підвищує продуктивність проведення ХЛ-дослідження.

1. *Барбой В. А., Орел В. Э., Карнаух И. М.* Перекисное окисление и радиация. – К.: Наук. думка, 1991. – 256 с.
2. *Карпінський М.П., Ляпандра А.С.* Особливості побудови комп'ютерної системи для біохемілюмінометричних досліджень // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 6. Т.2. – С. 167–171.
3. *Гольденберг Л.М.* Импульсные и цифровые устройства. – М: Связь, 1973 – 496 с.
4. *Сергиенко А.Б.* Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 751 с.

Поступила 19.11.2008р.

УДК 629.113-59.001.4

Г.С. Гудз, І.Я. Захара, О.Г. Тарапон

НОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ВЕНТИЛЬОВАНИХ ДИСКОВИХ ГАЛЬМАХ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ ГАЛЬМУВАННЯХ

Стабільність гальмівних властивостей автотранспортних засобів (АТЗ) в значній мірі визначається тепловим станом гальм. Тому актуальним постає питання дослідження гальм з метою мінімізації їх температурного режиму.

Зазвичай дослідження температурних процесів у гальмах останнім часом проводять методами математичного моделювання. Наприклад, відомі двовимірні та тривимірні моделі гальм, створені дослідниками О.Л.Колясою, Я.П. Яворським, М.М. Осташуком, О.Р. Клипком, але серед них не розглянуті тривимірні моделі самовентильованих дискових гальм АТЗ, що працюють в режимі циклічних гальмувань.

Тому **метою** даної статті є подальший розвиток таких досліджень з залученням методу автоматизації розв'язку теплової задачі на тривимірній моделі гальма.

При моделюванні попереднього етапу випробувань І [1] виникає необхідність роз'єднання пар тертя дискового гальма (рис.1) після кожного з 20 циклів гальмувань АТЗ категорії М₃.