**УДК 621.335 (088.8)**

**Л.З. Мичуда[1], З.Р. Мичуда[2]**
Національний університет "Львівська політехніка",
[1]кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів
[2]кафедра комп'ютеризованих систем управління

# ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ РЕКУРЕНТНОГО ТИПУ НА КОМУТОВАНИХ КОНДЕНСАТОРАХ ДЛЯ СИСТЕМ ЕНЕРГООБЛІКУ

*© Мичуда Л.З., Мичуда З.Р., 2010*

**Розроблено новий тип функціональних перетворювачів на комутованих конденсаторах, що діють за рекурентним алгоритмом. Описано принцип їх дії та структуру. Оцінено функціональні можливості.**

**The paper developed a new type of functional switched-capacitor converters, which operate at a recurrent algorithm. We describe the principle of action and structure. The evaluation of functionality.**

**Постановка завдання.** У системах обліку енергоносіїв як і в інших системах вимірювань, автоматики та автоматизації інформація про об`єкт від переважної більшості давачів поступає в аналоговій формі, а обробка її за допомогою комп`ютерної та мікропроцесорної техніки потребує сигналу цифрової форми. Тому для спряження давача та системи опрацювання даних використовуються аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Проте під час обробки інформації у цифровій формі часто є необхідними операції множення, ділення та піднесення до степеня, які належать до найтриваліших за кількістю машинних циклів, потрібних для їх реалізації. Зокрема, до формули з обчислення витрати газу входять такі арифметичні операції, як множення та ділення кількох показників та отримання кореня квадратного. Тому до систем обліку природного газу обов'язково належать обчислюючі пристрої. Можливість оптимізації процесу перетворення сигналів дає їх переведення з аналогової форми в цифрову з одночасним функціональним перетворенням.

**Аналіз останніх досліджень.** Якщо для аналого-цифрового перетворення застосовують різноманітні алгоритми, зокрема порозрядне кодування, послідовну лічбу, введення інформаційної надлишковості, дельта-сігма АЦП, то для функціонального перетворення здебільшого використовують властивості певних елементів, на яких створюють пристрій.

Широким діапазоном вхідних даних вирізняються логарифмічні аналогові функціональні перетворювачі (АФП). Крім того, використання логарифмування та антилогарифмування дає змогу набагато швидше і точніше виконати за допомогою електронних вузлів багато математичних операцій, зокрема множення, ділення, піднесення до степеня, добування кореня тощо, які будуть замінятися за правилами операцій з логарифмами відповідно на додавання, віднімання, множення чи ділення на сталий коефіцієнт. Зауважимо, що електронні вузли, як правило, виконують з достатньою точністю лише додавання та віднімання. І тому використання саме пристроїв з логарифмічною характеристикою для функціонального перетворення дає змогу збільшити кількість математичних дій з сигналами та точність їх виконання [1].

Проте способи побудови логарифмічних функціональних перетворювачів мають певні недоліки.

Зокрема, логарифмічні перетворювачі на p-n-переході напівпровідникових елементів будуть на транзисторно-резистивних елементах. Ці перетворювачі, хоча й становлять найчисленнішу групу АФП, мають істотний недолік – значний вплив температури на точність перетворення.

Логарифмічні функціональні перетворювачі іншого типу будують на RC-колах, зокрема на інтеграторах або конденсаторно-резистивних комірках. Під час перетворення робота ведеться з часовими інтервалами, що накладає істотні обмеження на швидкодію пристроїв.

Третю групу логарифмічних функціональних перетворювачів становлять перетворювачі на комутованих конденсаторах. Їх можна поділити на часо-імпульсні, з реалізацією опору та з перерозподілом заряду.

Слід зауважити, що розширення функціональних можливостей логарифмічних АФП досягається, як правило, збільшенням кількості логарифматорів на їх вході. Однак неідентичність характеристик логарифматорів призводить до збільшення похибки перетворення АФП і викликає потребу в додаткових підлаштуваннях, що значно ускладнює практичну реалізацію. Тому сьогодні технології інтегральних схем виготовляють в одній інтегральній схемі АФП не більше трьох логарифматорів. Такі аналогові багатофункціональні перетворювачі (АБФП) з трьома логарифматорами випускають провідні фірми світу, наприклад, Analog Devices (AD538), Burr-Broun (4301/2), National Semiconductor (LH0094).

Для побудови АФП перспективним є розроблений на кафедрі автоматики та телемеханіки Львівського національного університету "Львівська політехніка" спосіб логарифмування на основі використання явища перерозподілу заряду в комутованих конденсаторах [3]. Він дає змогу без втрати точності та навіть з її підвищенням отримати широкі функціональні властивості та кількість вхідних величин до десяти та більше. Окрім того, перевагою цього методу є можливість зміни основи логарифмування, чого відомі прототипи унеможливлюють.

**Завдання досліджень.** Мета роботи – дослідити можливість використання функціональними перетворювачами на комутованих конденсаторах рекурентних співвідношень, які часто застосовують у системах обліку природного газу для підвищення точності та швидкодію обчислень, та аналіз використання рекурентного алгоритму на функціональні можливості цих перетворювачів.

**Основні блоки для побудови рекурентних АФП на комутованих конденсаторах.** Так звані рекурентні залежності, тобто вирази, в яких кожне наступне значення розраховується через значення, отримане на попередньому такті, дають змогу отримати вищу швидкодію та точність. Отож, хоча АФП на комутованих конденсаторах дають можливість збільшувати кількість вхідних величин і відповідно комірок логарифматорів до достатньо великих значень, наприклад, до десяти, але за рекурентної залежності можна отримати десяте значення деякої величини через її значення на попередніх тактах обчислень. Тому для задач, де окремо не обумовлена необхідність різних вхідних величин, є доцільним застосування саме рекурентного алгоритму.

Зауважимо, що за таким принципом можна побудувати як аналого-цифрові функціональні перетворювачі, так і аналогові функціональні перетворювачі [1, 4]. Відрізнятимуться вони способом побудови антилогарифматора – цифрового, наприклад, число-імпульсного, або аналогового, наприклад, також на комутованих конденсаторах. Слід зазначити, що наявність комірки антилогарифматора є обов'язковою для виконання функціонального перетворювача і відокремлює такий перетворювач від логарифмічного аналого-цифрового перетворювача. Антилогарифматор, виконаний на ідентичних конденсаторах, забезпечуватиме компенсацію похибок у конденсаторних комірках.

Для аналогових та аналого-цифрових перетворювачів з перерозподілом заряду до цього часу не було схем, які використовували б рекурентний принцип перетворення. Тому опишемо його.

Основою для побудови логарифматора на комутованих конденсаторах є конденсаторна комірка (КК), яка містить дозуючий ($C_Д$) і накопичувальний ($C_Н$) конденсатори, три аналогові ключі (К1-К3) та компаратор Км. Особливістю реалізації є те, що накопичувальний конденсатор повинен мати набагато більшу ємність, ніж дозуючий. Причому співвідношення ємностей конденсаторів комірки визначатиме основу логарифмування $\zeta$, і:

$$\zeta = \frac{C_Н}{C_Д + C_Н}. \qquad (1)$$

Вихідний код логарифматора, або сума кодів від кількох логарифматорів подається на антилогарифматор. При цьому його можна піддати певній обробці арифметичним блоком або не робити жодних змін. Цей код подається на ключ перерозподілу К2 комірки антилогарифматора.

Антилогарифматором є конденсаторна комірка, ідентична до конденсаторної комірки логарифматора, однак без компаратора на виході. Початково на накопичувальному конденсаторі $C_н$ встановлюється рівень опорної напруги $U_{о.ал}$. Потім почерговим перемиканням ключів заряд з накопичувального конденсатора передається на дозуючий і напруга на накопичувальному конденсаторі спадає. Після поступлення останнього імпульсу коду $N_{вх.ал}$ від логарифматора (чи певного блока керування) вихідний сигнал антилогарифматора дорівнюватиме

$$U_{вих.ал} = \varepsilon^{N_{вх.ал}} U_{О.ал}, \qquad (2)$$

де $\varepsilon$ – основа показникової функції, причому

$$\varepsilon = \frac{C_{н.ал}}{C_{н.ал} + C_{д.ал}} \quad \text{і} \quad C_{н.ал} >> C_{д.ал}. \qquad (3)$$

Зауважимо, що зовсім не є необхідним застосування рекурентного алгоритму і в комірці антилогарифматора. У ній процес перерозподілу заряду може відбуватися звичайним способом, описаним в [1].

**Суть логарифмічного перетворення в ємнісній комірці за рекурентним методом** полягає у такому. Діленням опорної напруги ($U_0$) створюємо ряд еталонних рівнів напруг $U_1$-$U_n$, з яких будь-які два сусідні відрізняються в $\zeta$ разів, причому кількість еталонних напруг дорівнює числу розрядів вихідного коду (N):

$$U_1 = \zeta^n U_О;\ U_2 = \zeta^{n-1} U_О;\ U_3 = \zeta^{n-2} U_О;\ldots U_{n-1} = \zeta^2 U_О \quad \text{і} \quad U_n = \zeta U_О. \qquad (4)$$

Почергово порівнюємо кожну з еталонних напруг із вхідною напругою. Запам'ятовуємо значення еталонної напруги, за якої відбувся перехід через рівень вхідної напруги і в подальшому використовуємо його як опорну напругу. Значення розрядів вихідного коду задаємо як рівні результатам порівняння вхідної напруги з відповідними еталонними напругами.

Напруга в останньому вузлі дільника $U'_n$ матиме значення, що дорівнюватиме добуткові опорної напруги $U_О$ і вагових коефіцієнтів тих вузлів, під час підключення яких до компаратора було перевищення рівня вхідного сигналу:

$$U'_n = U_0 * \prod_{i=1}^{i=n} \zeta^{A_i \cdot (n-i+1)}, \qquad (5)$$

де $A_i$ – коефіцієнт, що приймає в кожному і-такті перетворення значення 1 або 0 відповідно до стану компаратора 1 або 0.

Отже, на момент закінчення перетворення компенсаційний сигнал $U'_n$ дорівнює вхідному з похибкою і не перевищує значення

$$\delta = \frac{1-\zeta}{\zeta} \cdot 100\%. \qquad (6)$$

Результат перетворення дорівнює кодові (N)

$$N = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot (n - i + 1) \qquad (7)$$

і є пропорційний до логарифма відношення вхідного сигналу ($U_{вх}$) до опорного $U_0$ [2].

Наприклад, опорна напруга $U_o$ підводиться до дільника напруги, у вузлах якого формуються еталонні напруги $U_1$-$U_n$. Візьмемо кількість розрядів n=8.

Почергово, починаючи з першої $U_1$ (к=1), порівнюємо еталонні напруги $U_1$, $U_2$, $U_3$…$U_n$ (відповідно к=1, 2, 3…n) з вхідною напругою $U_{вх}$.

Якщо еталонна напруга менша від вхідної, то це значення не враховується, і порівнюємо з вхідною наступну еталонну напругу. Як бачимо з ілюстрації (рисунок), не враховуються значення еталонних напруг $U_1$ і $U_2$.

Якщо еталонна напруга (у наведеному прикладі $U_3$) перевищує рівень вхідного сигналу, то запам'ятовуємо значення цієї еталонної (тут $U_3$) напруги і потім підводимо до входу дільника напруги замість опорної напруги, тобто це буде нове значення опорної напруги $U_o(1)$, яке у наведеному прикладі дорівнює $U_3$:

$$U_O(1) = U_3 \quad \text{або} \quad U_O(1) = \zeta^{n-2} U_O . \tag{8}$$

Після зміни опорної напруги у наступному такті перетворення порівняємо з вхідною наступну (четверту) еталонну напругу, яка тепер матиме нове значення, яке дорівнює

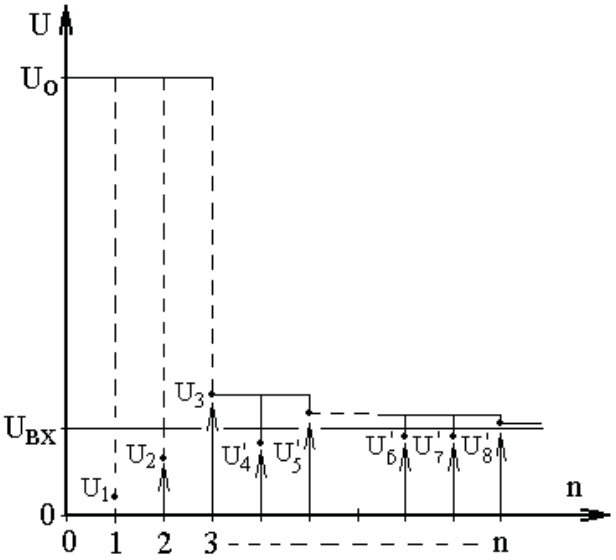
$$U'_4 = \zeta^{n-3} U_O(1) \quad \text{або} \quad U'_4 = \zeta^{n-3}\zeta^{n-2} U_O . \tag{9}$$

Оскільки четверта еталонна напруга менша від вхідної, то це значення не враховуємо і порівнюємо з вхідною наступну (п'яту) еталонну напругу, яка дорівнює

$$U'_5 = \zeta^{n-4} U_O(1) \quad \text{або} \quad U'_5 = \zeta^{n-4}\zeta^{n-2} U_O . \tag{10}$$

Як бачимо з рисунка, значення п'ятої еталонної напруги $U'_5$ перевищує рівень вхідної напруги, тому запам'ятовуємо еталонну напругу $U'_5$ і підводимо її до входу дільника напруги замість попередньої опорної напруги $U_o(1)$. Отже, нове значення опорної напруги $U_o(2)$:

$$U_O(2) = U'_5 \quad \text{або} \quad U'_5 = \zeta^{n-4}\zeta^{n-2} U_O . \tag{11}$$




*Графіки напруг за рекурентного перетворення у конденсаторній комірці логарифматира*

Порівнюємо з вхідною наступну (шосту) еталонну напругу, яка тепер має значення:

$$U'_6 = \zeta^{n-5} U_O(2) \quad \text{або} \quad U'_6 = \zeta^{n-5}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2} U_O . \tag{12}$$

Як бачимо, шоста еталонна напруга менша від вхідної, тому це значення не враховуємо і порівнюємо з вхідною наступну (сьому) еталонну напругу, яка дорівнює

$$U'_7 = \zeta^{n-6}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2} U_O . \tag{13}$$

Також і сьома еталонна напруга менша від вхідної, це значення не враховуємо і порівнюємо з вхідною наступну (восьму) еталонну напругу, яка, судячи з рисунка, є більшою від вхідної і дорівнює

$$U'_n = U'_8 = \zeta^{n-7} U_O(2) = \zeta^{n-7}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2} U_O . \tag{14}$$

Процес порівняння еталонних напруг з вхідним сигналом продовжуємо доти, поки не порівняємо останню еталонну напругу $U'_n$, яка матиме значення, що дорівнюватиме добуткові початкової опорної напруги $U_O$ і вагових коефіцієнтів тих еталонних напруг, значення яких перевищували рівень вхідного сигналу.

У наведеному прикладі алгоритму (рисунок) остання еталонна напруга у вузлі дорівнює (враховуючи, що n=8)

$$U_n^{'} = \zeta\zeta^{n-4}\zeta^{n-2}U_O, \tag{15}$$

а вихідний код відповідає виразу (7).

Вагові коефіцієнти окремих вузлів дільника напруги можна задати за двійковим законом, тобто як степеневі функції за основою два, і в такий спосіб забезпечити подання результату перетворення N у вигляді двійкового коду, що зручно для запису його у регістри зберігання та подальшої обробки.

**Структура функціонального перетворювача на комутованих конденсаторах рекурентного типу.** Найпростішим способом побудови АФП на комутованих конденсаторах буде послідовне поєднання однієї комірки логарифматора й однієї комірки антилогарифматора, доповнених блоком керування, який подає на ключі рознесені у часі імпульсні послідовності [6]. Тоді на антилогарифматор подається вихідний код логарифмуючої комірки.

Складнішим варіантом, але, як правило, з ширшими функціональними можливостями, є використання двох комірок логарифматорів та однієї антилогарифматора. Тоді на антилогарифматор поступає сума імпульсів вихідних кодів двох логарифматорів [5, 7].

Розглянемо функціональні можливості найпростішого рекурентного АФП та рекурентного АФП на двох логарифматорах.

Виведемо математичні залежності, які може реалізувати найпростіший АФП.

Прирівняємо вихідну кількість імпульсів комірки логарифматора (5) для розглянутого прикладу (15) та кількість імпульсів, що поступають на антилогарифматор (2). Забезпечивши рівність $\varepsilon = \zeta$ відповідною рівністю ємностей накопичувального та дозуючого конденсаторів логарифматора та антилогарифматора, отримаємо співвідношення

$$\frac{U_{вих.л}}{U_{O.л}} = \frac{U_{вих.ал}}{U_{O.ал}} * \prod_{i=1}^{i=n} \zeta^{A_i(n-i+1)-n} \tag{16}$$

або для розглянутого прикладу:

$$\frac{U_{вих.л}}{U_{O.л}} = \zeta^{n-7}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2}\,\frac{U_{вих.ал}}{U_{O.ал}}, \tag{17}$$

де $U_{вих.л}$ – вхідна напруга логарифматора; $U_{вих.ал}$ – вихідна напруга антилогарифматора; $U_{O.л}$ і $U_{O.ал}$ – опорні напруги логарифматора й антилогарифматора.

Якщо забезпечити, щоб опорна напруга $U_{O.л}$ логарифматора не дорівнювала опорній напрузі $U_{O.ал}$ антилогарифматора, а також $U_{O.л} > U_{вих.л}$, то

$$U_{вих.ал} = \frac{U_{вих.л} \cdot U_{O.ал}}{U_{O.л}} * \frac{1}{\zeta^{n-7}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2}}. \tag{18}$$

Отже, якщо прийняти, що

а) $U_{O.л} = U_{вих.ал}$, то $U_{вих.ал} = \sqrt{\frac{U_{вих.л} \cdot U_{O.ал}}{\zeta^{n-7}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2}}}$; (19)

б) $U_{вих.л} = U_{O.ал}$, то $U_{вих.ал} = \frac{U_{вих.л}^2}{U_{O.л}} * \frac{1}{\zeta^{n-7}\zeta^{n-4}\zeta^{n-2}}$. (20)

Як бачимо, найпростіший аналоговий функціональний перетворювач на комутованих конденсаторах рекурентного типу може виконувати множення та ділення, а також добування кореня квадратного і піднесення до квадрата.

Перетворювач на двох комірках логарифматорів відрізнятиметься від найпростішого блоком керування, який подаватиме на антилогарифматор суму вихідних імпульсів від обох логарифматорів у «чистому» вигляді або після певної додаткової обробки, наприклад, помноження для введення додаткових коефіцієнтів.

Тоді, за умов, аналогічних випадку найпростішого рекурентного перетворювача щодо співвідношення ємностей накопичувального та дозуючого конденсаторів обох логарифматорів та антилогарифматора, отримаємо такий вираз:

$$\frac{U_{вих.л1}}{U_{О.л1}} * \frac{U_{вих.л2}}{U_{О.л2}} = \frac{U_{вих.ал}}{U_{О.ал}} * \prod_{i=1}^{i=n_1} \zeta^{A_i(n_1-i+1)-n_1} * \prod_{k=1}^{k=n_2} \zeta^{A_k(n_2-k+1)-n_2} . \qquad (21)$$

Для спрощення виведення можливих для реалізації на розробленому АФП функцій позначимо:

$$K_1 = \prod_{i=1}^{i=n_1} \zeta^{A_i(n_1-i+1)-n_1} \quad та \quad K_2 = \prod_{k=1}^{k=n_2} \zeta^{A_k(n_2-k+1)-n_2} . \qquad (22)$$

Тоді вираз функції перетворення рекурентного АФП на двох логарифматорах (21) набуде такого вигляду:

$$\frac{U_{вих.л1}}{U_{О.л1}} * \frac{U_{вих.л2}}{U_{О.л2}} = \frac{U_{вих.ал}}{U_{О.ал}} * K_1 * K_2 . \qquad (23)$$

Отже, якщо прийняти:

а) $U_{О.л1} = U_{вих.ал}$, тоді $U_{вих.ал} = \sqrt{\frac{U_{вих.л1} \cdot U_{вих.л2} \cdot U_{О.ал}}{U_{О.л2} * K_1 * K_2}}$ (24)

або $U_{вих.ал} = \sqrt{\frac{U_0 \cdot U_x}{K_1 * K_2}}$ за $U_{вих.л1} = U_{вих.л2} = U_{О.л2} = U_0$ і $U_{О.ал} = U_x$; (25)

б) $U_{О.л1} = U_{вих.ал}$ і $U_{О.л2} = U_{вих.ал}$, тоді $U_{вих.ал} = \sqrt[3]{\frac{U_{вих.л1} \cdot U_{вих.л2} \cdot U_{О.ал}}{K_1 * K_2}}$ (26)

або $U_{вих.ал} = \sqrt[3]{\frac{U_0^2 \cdot U_x}{K_1 * K_2}}$ за $U_{вих.л1} = U_{вих.л2} = U_0$ і $U_{О.ал} = U_x$; (27)

в) $U_{О.л1} = U_{О.л2} = U_{О.ал} = U_0$, тоді $U_{вих.ал} = \frac{U_{вих.л1} \cdot U_{вих.л2}}{U_0 * K_1 * K_2}$; (28)

г) $U_{О.л1} = U_{О.л2} = U_{О.ал} = U_0$ і $U_{вих.л1} = U_{вих.л2} = U_x$, тоді $U_{вих.ал} = \frac{U_x^2}{U_0 * K_1 * K_2}$; (29)

д) $U_{О.л1} = U_{О.л2} = U_0$, тоді $U_{вих.ал} = \frac{U_{вих.л1} \cdot U_{вих.л2} \cdot U_{О.ал}}{U_0^2 * K_1 * K_2}$; (30)

е) $U_{О.л1} = U_{О.л2} = U_0$ і $U_{вих.л1} = U_{вих.л2} = U_{О.ал} = U_x$, тоді $U_{вих.ал} = \frac{U_x^3}{U_0^2 * K_1 * K_2}$; (31)

ж) $U_{О.л1} = U_{О.л2} = U_x$, $U_{вих.л1} = U_{вих.л2} = U_y$, $U_{О.ал} = U_0$, тоді $U_{вих.ал} = \frac{1}{K_1 * K_2} * \left(\frac{U_y}{U_x}\right)^2 \cdot U_0$. (32)

**Висновки.** Розроблені функціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах, що працюють за рекурентним алгоритмом, мають функціональні властивості відповідно як найпростіший АФП на комутованих конденсаторах та АФП на комутованих конденсаторах на двох логарифматорах, які повністю відповідають потребам обчислювачів для систем енергообліку, проте забезпечують вищу точність і швидкодію за рахунок змінного відповідно до потреб певної виконуваної задачі, значення опорної напруги.

*1. Мичуда Л.З. Аналогові функціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах. – Автореф дис.… канд. техн. наук. Державний університет «Львівська політехніка». – Львів, 1999. – С.12. 2. Мичуда З.Р., Мичуда Л.З., Ільканич К.І. Логарифмічне аналого-цифрове перетворення за*

*рекурентним методом // Материалы XIII Международной НТК «Приборостроение-2004». – Винница–Кореиз, 2004. – С. 68-71. 3. Мичуда З.Р. Логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі – АЦП майбутнього. – Львів: Простір, 2002. – 242 с. 4. Мичуда Л.З., Мичуда З.Р. Аналогові функціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах для систем енергообліку // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2005. – №3. – С.184–186. 5. Дудикевич В.Б., Мичуда З.Р., Мичуда Л.З. Аналоговий багатофункціональний перетворювач на основі перерозподілу заряду // Наукові праці конф. "Комп'ютерні технології друкарства: алгоритми, сигнали, системи", ДРУКОТЕХН-96. – Львів: Українська академія друкарства, 1996. – С. 115. 6. Мичуда Л.З. Найпростіший аналоговий функціональний перетворювач на комутованих конденсаторах // Вісник Державного університету "Львівська політехніка" "Автоматика, вимірювання та керування". – 1999. –№348. – С. 85–89. 7. Мичуда Л.З., Мичуда З.Р. Аналого-цифровий багатофункціональний перетворювач // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 2002. – №460. – С. 66–72.*

**УДК 681.121.84:006.9**

**Л.В. Лесовой**
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

# РОЗРАХУНОК НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАНЬ ВИТРАТИ І КІЛЬКОСТІ СУХОЇ ЧАСТИНИ ВОЛОГОГО ГАЗУ ЗА МЕТОДОМ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ

*© Лесовой Л.В., 2010*

**Розглянуто методику розрахунку невизначеності результату вимірювань витрати і кількості сухої частини вологого газу за методом змінного перепаду тиску.**

**This paper deals with method for calculation of measurements uncertainty at flowrate and volume measurements by means of the pressure differential device for dry part of humid gas.**

**Постановка проблеми.** Найпоширенішим методом вимірювання витрати та кількості природного газу (далі газ) є метод змінного перепаду тиску. За допомогою цього методу можна вимірювати не тільки витрату і кількість сухого газу, але також витрату і кількість сухої частини вологого газу. Збільшення вологості у газі зменшує його питому теплоту згоряння, а отже, і витрату енерговмісту газу. Витрата енерговмісту газу залежить від витрати газу. У багатьох країнах світу виконують розрахунки не за кількістю газу, яку отримав споживач, а за його енерговмістом. Тому проблема вимірювання витрати та кількістю сухої частини вологого газу є актуальною проблемою сьогодення. Алгоритм розрахунку витрати та кількості як сухого, так і сухої частини вологого газу, за допомогою методу змінного перепаду тиску із стандартними звужувальними пристроями описані в ДСТУ 8.586:2009 [1–5]. Розрахунок же невизначеностей результату вимірювань витрати та кількості газу наведений у цих стандартах тільки для сухого газу. Враховуючи вищесказане, виникає необхідність, застосовуючи вимоги стандарту [5], одержати рівняння для розрахунку невизначеності результату вимірювань витрати та кількості сухої частини вологого газу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** До введення стандартів [1–5] розрахунок невизначеності (середньої квадратичної відносної похибки) результату вимірювань витрати та кількості сухої частини вологого газу нормувався тільки нормативним документом РД50-213-80