

АНАЛІЗ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ АДМІТАНСУ ВИСОКООМНИХ ОБ'ЄКТІВ

© Походило Є.В., 2004

Проаналізовано похибки вимірювання адмітансу високоомних об'єктів з використанням активних перетворювачів. Запропоновано алгоритм коригування похибок, зумовлених неінформативним адмітансом.

The measuring errors admittance of high-ohmic objects with usage of converters are parsed. Offered algorithm of correction of errors, which one are conditioned not informative admittance.

Використання векторних активних перетворювачів у засобах вимірювання імітансу, як відомо [1, 2], спрощує порівняно з пасивними перетворювачами заходи щодо забезпечення інваріантності результату вимірювання до неінформативного адмітансу. Для цього переважно застосовують тризатискачеву схему під'єднання об'єктів порівняння (вимірювальний об'єкт та зразкова міра). Однак через неідеальність операційних підсилювачів, які використовують в таких перетворювачах, вноситься шунтувальна дія неінформативного адмітансу ємнісного характеру між входом векторного перетворювача та загальною шиною. Застосування принципу еквіпотенціальності усуває такий недолік, але породжує проблеми іншого характеру, а саме: проявляється вплив міжпровідної ємності [2], погіршується завадозахищеність схеми тощо. За сталих значень такої ємності, що вносить похибку адитивного характеру, можна уникнути її впливу на результат вимірювання. Однак при її змінному характері наведений спосіб під'єднання малоєфективний. Особливо відчутним є вплив неінформативного адмітансу при використанні ємнісних сенсорів із захисним електродом нульового потенціального рівня [3] в засобах контролю лінійних розмірів, параметрів рідин та сипких матеріалів, дистанційних вимірюваннях [4]. Тобто проблема забезпечення інваріантності результату вимірювання адмітансу високоомних об'єктів залишається актуальною. Ми пропонуємо розроблений на основі аналізу похибок векторного перетворювача в режимі вимірювання високоомних об'єктів алгоритм коригування, що забезпечує повну інваріантність результату до параметрів неінформативного адмітансу.

Відомо [5], що для реального векторного перетворювача абсолютну похибку вимірювання адмітансу описує залежність

$$\dot{\Delta}_Y = -\frac{1}{\dot{k}} Z_0 Y_x (1 + Z_0 Y_x + Z_0 Y_{вх}) - \frac{1}{\dot{k}} Z_{вх} Y_x (1 + Z_0 Y_x + Z_0 Y_{вх}), \quad (1)$$

де \dot{k} – комплексний коефіцієнт операційного підсилювача; Y_x – вимірюваний адмітанс об'єкта контролю; Z_0 – опір зразкової міри; $Y_{вх}$ – вхідний адмітанс ємнісного характеру, що шунтує вхід перетворювача.

Відповідно до (1) реактивна Δ_1^R , Δ_1^C та активна Δ_2^R , Δ_2^C складові абсолютної векторної похибки $\dot{\Delta}$ при використанні міри опору R_0 та ємності C_0 та з урахуванням позначень

$$\frac{1}{\dot{k}} = j \frac{\omega}{\omega_1} + \frac{1}{k_0}; \quad \frac{\omega}{\omega_1} = F, \quad \frac{1}{k_0} = k(\omega, \omega_1, k_0) - \text{відповідно робоча частота, частота одиничного}$$

підсилення та коефіцієнт підсилення на постійному струмі ОП), $G_x R_0 = n$, $jB_x R_0 = jm$;

$$R_0 jB_{bx} = jc; \frac{jB_x}{j\omega C_0} = c; \frac{G_{bx}}{j\omega C_0} = -jb; \frac{jB_x}{j\omega C_0} = m; \frac{G_x}{j\omega C_0} = -jn; b = R_0 G_{bx} \text{ можна записати у вигляді}$$

$$\Delta_1^R = F(m^2 - n^2) - 2kmn - Fn(1+b) + Fmc - km(1+b) - kcn \quad (2)$$

$$\Delta_2^R = k(m^2 - n^2) + 2Fmn + Fm(1+b) + kmc - kn(1+b) + Fcn \quad (3)$$

$$\Delta_1^C = -k(m^2 - n^2) - 2Fmn - km(1+c) - Fn(1+c) + kbn - Fbm \quad (4)$$

$$\Delta_2^C = -F(m^2 - n^2) + 2kmn - Fm(1+c) + kn(1+c) + Fbn + kbm \quad (5)$$

Зміну значень похибок від змін складових за сталих значень інших параметрів відображають графіки, зображені на рис. 1, 2.

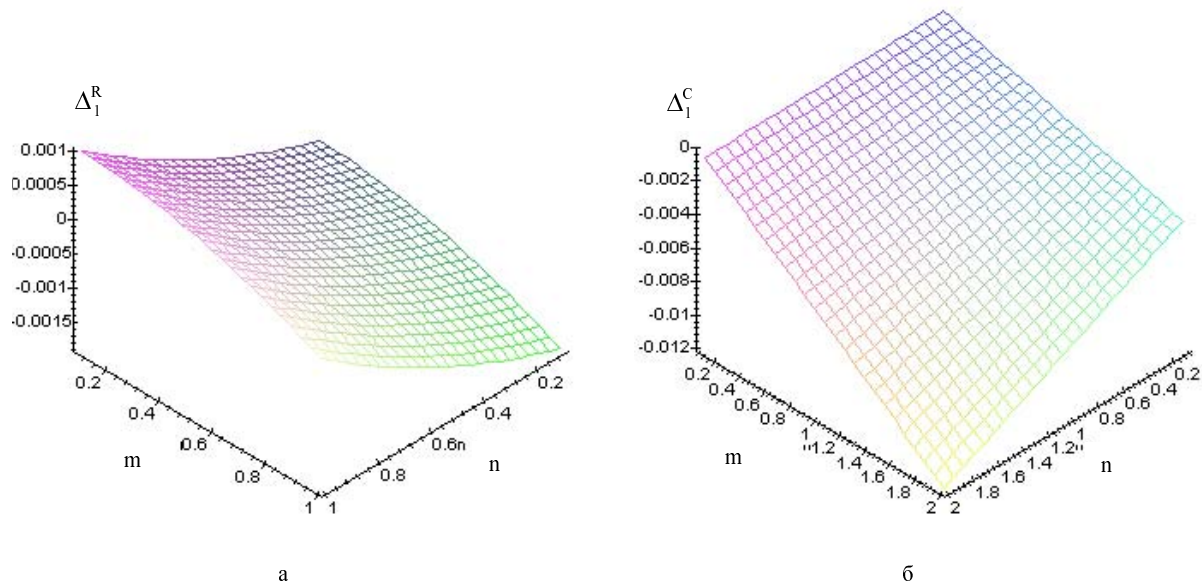


Рис. 1. Похибка вимірювання реактивної складової з використанням міри опору (а) та ємності (б).
 $F=0.001; c=1; b=0; k=0$

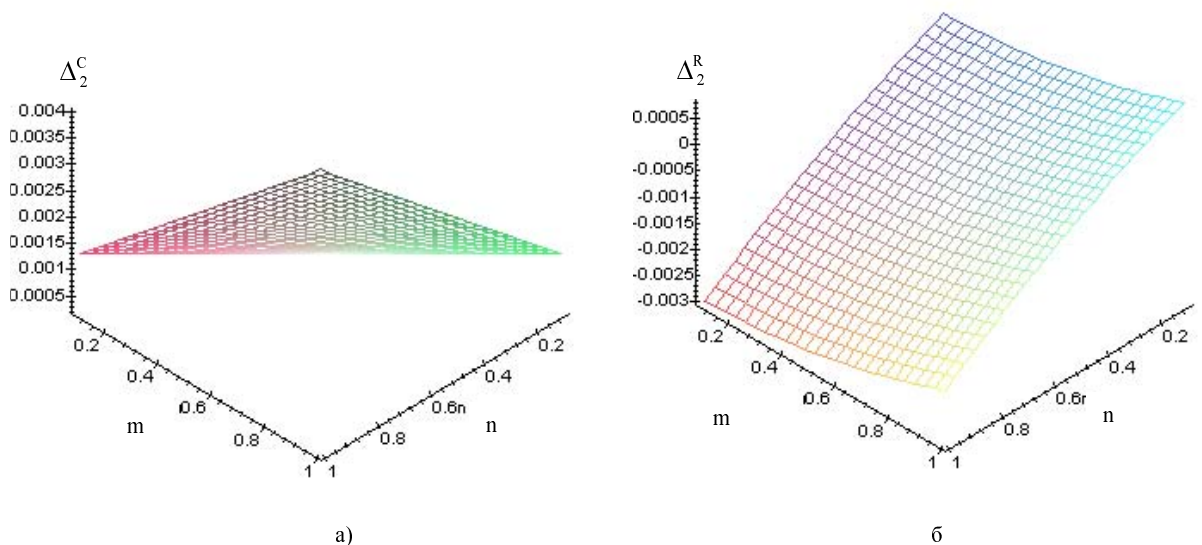


Рис. 2. Похибка вимірювання активної складової адмітансу з використанням міри опору (а) та ємності (б).
 $A=0.001; k=0; c=1; b=0$.

Аналіз виразів (2–5) показує, що вони містять складові абсолютної похибки різного характеру. Це похибки мультиплікативні, що залежать як від одного, так і одночасно від двох параметрів адмітансу та похибки нелінійності, які при рівності активної та реактивної складових набувають нульове значення. Причому деякі складові похибок відрізняються лише знаками та коефіцієнтами, що визначаються відношенням частот (параметр F) та коефіцієнтом підсилення (параметр k) ОП на постійному струмі. Враховуючи це, можна здійснити коригування таких похибок, виконавши прості алгебраїчні операції.

Так, прийнявши $F = k = A$, додаючи та віднімаючи вирази (2–5), розділивши результат на два, одержуємо відповідно вирази для похибок вимірювання реактивної та активної складових адмітансу

$$\Delta_1 = -Am - An ; \quad (6)$$

$$\Delta_2 = -Am + An . \quad (7)$$

Графічну інтерпретацію реактивної та активної складових векторної похибки до коригування та після (результат коригування) зображено на рис. 3, 4.

Практична реалізація такого алгоритму потребує виконання двох вимірювань з використанням векторного перетворювача, що забезпечує рівність $F = k = A$ [6]. Перше вимірювання здійснюється з використанням зразкової міри опору, а друге – з використанням міри ємності. Виконавши вимірювання, одержуємо для реактивної та активної складових

$$N_1^R = m_0 + \Delta_1^R ; \quad (8)$$

$$N_2^R = n_0 + \Delta_2^R , \quad (9)$$

$$N_1^C = m_0 + \Delta_1^C , \quad (10)$$

$$N_2^C = -n_0 + \Delta_2^C , \quad (11)$$

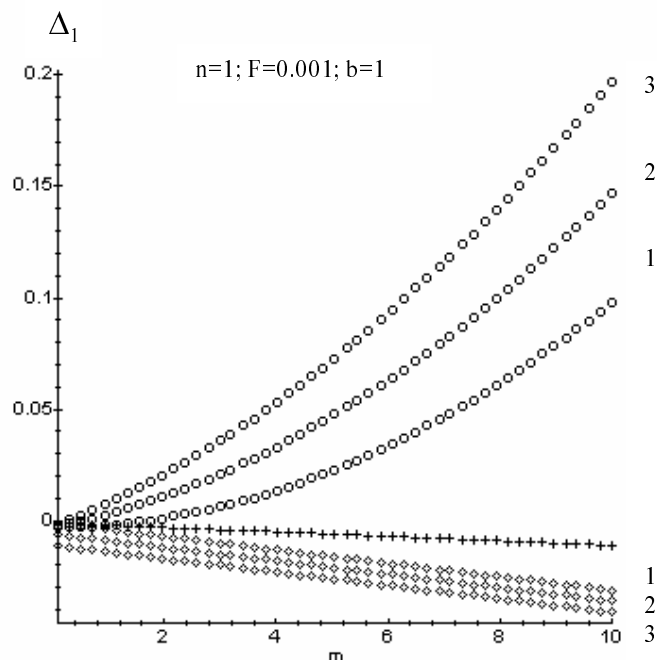


Рис. 3. Абсолютна похибка вимірювання реактивної складової (1 - $c=0.1$; 2 - $c=5$; 3 - $c=10$)

○ - Зразкова міра опору; □ - Зразкова міра ємності;
+ - Результат коригування

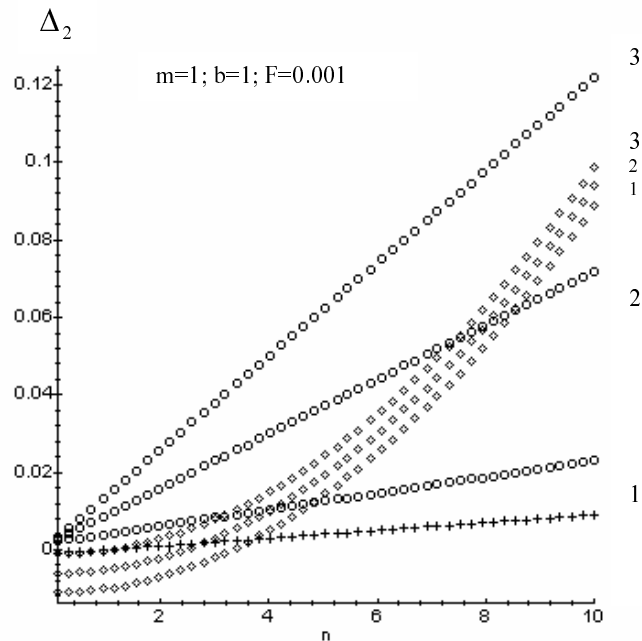


Рис. 4. Абсолютна похибка вимірювання активної складової (1 - c=0.1; 2 - c=5; 3 - c = 10)

○ - Зразкова міра опору; □ - Зразкова міра ємності;
+ - Результат коригування

де m_0, n_0 – дійсні значення реактивної та активної складових відповідно; N_1^R, N_2^R та N_1^C, N_2^C – числові значення реактивної та активної складових першого та другого вимірювання.

Середні арифметичні значення суми результатів (8) та (10), (9) та (11) дають значення

$$N_3 = m_0 + \frac{\Delta_1^R + \Delta_1^C}{2}, N_4 = \frac{\Delta_2^R + \Delta_2^C}{2}, \text{ а їх сума}$$

$$N_5 = N_3 + N_4 = m_0 + \frac{\Delta_1^R + \Delta_1^C}{2} + \frac{\Delta_2^R + \Delta_2^C}{2}, \quad (12)$$

що є результатом вимірювання реактивної складової і відповідає значенню (7).

Аналогічно різниці результатів (8) та (10) і (9) та (11) дають значення

$$N'_3 = n_0 + \frac{\Delta_2^R - \Delta_2^C}{2}, N'_4 = \frac{\Delta_1^R - \Delta_1^C}{2}, \text{ а їх різниця}$$

$$N'_5 = N'_3 + N'_4 = n_0 + \frac{\Delta_2^R - \Delta_2^C}{2} - \frac{\Delta_1^R - \Delta_1^C}{2}, \quad (13)$$

що є результатом вимірювання активної складової і відповідає значенню (8).

Отже, наведений алгоритм коригування результатів вимірювання забезпечує повну інваріантність результатів вимірювання складових адмітансу високоомних об'єктів до неінформативного адмітансу, що шунтує вхід векторного перетворювача. Разом з тим, похибка вимірювання складових адмітансу має тільки мультиплікативний характер і може бути зменшена калібруванням вимірювального засобу. Використовуючи такий алгоритм в засобах, що здійснюють вимірювання на декількох фіксованих частотах, необхідно забезпечити рівність коефіцієнтів F та k на вибраних частотах вимірювання.

1.Гаврилюк М.О., Походило Є.В., Соголовський Є.П., Хома В.В. Вимірювачі імітансу з прямим перетворенням // Вимірювальна техніка та метрологія. 1996. Вип. 52. 2. Хома В.В. Розвиток теорії і принципів побудови проблемно-орієнтованих засобів вимірювання імітансу. Автореф. докт. дис.,

2000. 3. Емкостины / Ф.Б.Гриневиц, М.Н.Сурду, А.С.Левицкий и др.; Отв. ред. А.И. Новик – К., 1990.
4. Головки Д.Б., Скрипник Ю.О. Методи та засоби частотно-дисперсійного аналізу речовин та матеріалів // Вимірювальні схеми та прилади. К., 2000. 5. Походило Є.В Вимірювання параметрів імітансу в задачах кваліметрії // Вимірювальна техніка та метрологія. 2002, №59 – С. 22–27.
6. Походило Є.В., Столярчук П.Г. Вимірювач інформативного параметра емнісного сенсора. Патент України № 63413А. Опубл. в Бюл. №1, 2004.

УДК 621.335 (088.8)

З.Р.Мичуда

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматики та телемеханіки

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СТРУМІВ ВИТІКАННЯ В ЛОГАРИФМІЧНИХ АЦП З НАКОПИЧЕННЯМ ЗАРЯДУ НА ПАСИВНИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ КОНДЕНСАТОРНИХ КОМІРКАХ

© Мичуда З.Р., 2004

Запропоновано математичні моделі похибок від струмів витікання логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на пасивних паралельних конденсаторних комірках, наведено результати моделювання та оцінку точності.

The mathematical models leakage currents of errors of logarithmic ADC, based on accumulation of a charge in passive parallel condensers cells, are offered, the results of modelling are presented and the valuation of accuracy are given.

1. Вступ

Сучасний прогрес у пристроях логарифмічного аналого-цифрового перетворення зумовлений використанням нових явищ, зокрема перерозподілу та накопичення заряду в комутованих конденсаторах [1–4]. Відрізняються ці два явища тим, що при перерозподілі заряду на деякому (накопичувальному) конденсаторі заряд зменшується, а при накопиченні – збільшується. Краще досліджені логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі (ЛАЦП) з перерозподілом заряду [1,2], оскільки вони з'явилися значно раніше. ЛАЦП з накопиченням заряду [3, 4] досліджені нині недостатньо.

У статті досліджено вплив струмів витікання на точність ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивних паралельних конденсаторних комірках.

2. Фізична модель ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивній паралельній конденсаторній комірці

Спрощена функціональна схема ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивній паралельній конденсаторній комірці (КК) зводиться до схеми, наведеної на рис. 1, де БК – буферний каскад, СВ – схема віднімання, Км – компаратор, К0–К2 – аналогові ключі, С_н і С_д – накопичувальний і дозувальний конденсатори, U_о – опорна напруга, U_у – напруга управління, КП – сигнал “Кінець перетворення”.

Використавши функціональну схему (рис. 1) і враховуючи зміну структури ЛАЦП під час перетворення, побудуємо модель ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивних конденсаторних комірках, яка враховує вплив струмів витікання елементів схеми. Ця модель наведена на рис. 2 – 5.