

Іонометри (рІон-метри) практично повністю за своєю структурою і за принципом дії аналогічні рН-метрам. Основними елементами рІон-метрів є електродна система, блок узгодження та вихідний вимірювальний прилад (мілівольтметр). Блок узгодження повинен забезпечувати спряження електродної системи з вторинним вимірювальним приладом (мілівольтметром), можливість автоматичної корекції температурної похибки, можливість введення значень координат ізопотенціальної точки, тобто виконувати ті ж функції, що й блок узгодження рН-метра. Тому прилади для вимірювань рН чи з аналоговою, чи з цифровою формою індикації з однаковою успіхом можуть бути використані як в рН-метрах, так і в іонометрах при наявності градуовальних діаграм, котрі складають, використовуючи розчини з відомою концентрацією відповідних іонів. Що ж стосується основних технічних та метрологічних характеристик іонометрів, то вони головним чином визначаються характеристиками електродної системи.

Іонометрія відрізняється від інших методів фізико-хімічних досліджень відносною простотою, а завдяки портативним варіантам ІСЕ та спеціальній іонометричній апаратурі дослідження можна проводити не лише в лабораторних умовах, але і в промисловості, зокрема для контролю вмісту сульфідів на різних етапах очистки від сірки нафтопродуктів, вмісту натрію при контролі чистоти води котельних установок та інше, а також в клініках, зокрема для післяопераційного контролю рН, рNa, рК – показників крові.

1. Eizenmann G. *Glass Electrodes for Hydrogen and other Cations*, New York 1970. 2. *Измерения в промышленности: Пер.с нем. Справочник*. М., 1990. 3. Камман К. *Работа с ионоселективными электродами: Пер.с нем. М., 1980*. 4. Морф В. *Принципы работы ионоселективных электродов: Пер.с англ. М., 1985*. 5. Никольский Б.П., Матерова Е.А. *Ионоселективные электроды*. Л., 1980. 6. IM 9319, IM 9305, IM 09232, IM 9409, IM 9411, IM 9417, *Electrode Instructions Manual*. Orion Research.

УДК 621.317.73

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК ЄМНІСНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Євген Походило, 2001

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра "Метрологія, стандартизація та сертифікація",
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Розглянуто спосіб вимірювання інформативного параметра ємнісних сенсорів, що забезпечує інваріантність результату до ємності з'єднувального кабелю.

Рассматривается способ измерения информативного параметра емкостных сенсоров, который обеспечивает инвариантность результата к емкости соединительного кабеля.

Independent to the wares capacitance capacitor sensor informative parameter measurement is described in this paper.

Вступ. Вимірювальні схеми з ємнісними сенсорами дуже різноманітні, однак вони мають одну загальну частину, а саме під'єднання сенсора до схеми. Таке узагальнення зумовлене спільною проблемою, яку незалежно від схеми необхідно вирішувати. Полягає вона у впливі ємності з'єднувальних дротів на результат вимірювання. Якщо значення параметрів з'єднувальних дротів стали, їхній вплив при вимірюваннях високоомних об'єктів усувають, використовуючи тризатискачеве з'єднання та корегуючи його вплив на сам вимірювальний перетворювач [1]. Однак в багатьох

випадках при дистанційних вимірюваннях неелектричних величин ємність кабелю не завжди залишається сталою. Значення її змінюється під впливом зовнішніх та внутрішніх полів, від невеликих переміщень (багатоканальні системи), а інколи залежить від значення вимірюваної величини (деякі прилади для вимірювання лінійних розмірів) [2]. Це не дає змоги використовувати відомі способи корегування похибок.

Суть способу зменшення похибок. Запропонований в роботі спосіб робить вимірювальний перетворювач інваріантним до неінформативної ємності.

Спосіб полягає в тому, що інформативний параметр (ємності) сенсора вимірюють за два такти. В першому вимірюється ємність сенсора, а в другому – його активна провідність, незважаючи на її відсутність у багатьох видах ємнісних сенсорів. Зумовлено таке двотактне вимірювання векторною похибкою, яка виникає при перетворенні ємності сенсора в напругу активними перетворювачами (3,4) при трізатискачевій схемі під'єднання [5]. Найважливіше поряд з реактивною ще й активної складової похибки призводить до спотворення результату вимірювання параметрів суто ємнісного сенсора. Як відомо, абсолютне значення векторної похибки за відсутності активної складової ємнісного сенсора, отримане з виразів, наведених в [5], можна записати у вигляді

$$\Delta_c = -Ax + Fx^2 + cFx. \quad (1)$$

$$\Delta_G = Fx + Ax^2 + cAx. \quad (2)$$

$$\Delta_C = F + Ax + Ac. \quad (3)$$

$$\Delta_G = F - Fx - Fc. \quad (4)$$

де $A = \frac{1}{k_0}$, $F = \frac{\omega}{\omega_1}$, $x = \omega C_x R_0$, $c = \omega C_k R_0$, а k_0 ,

ω_1 відповідно коефіцієнт підсилення на постійному струмі та частота одиничного підсилення операційного підсилювача; C_k – ємність лінії під'єднання сенсора до вимірювальної схеми активних перетворювачів.

Загалом результати першого (режим вимірювання ємності) та другого (режим вимірювання активної провідності) вимірювань можна записати у такому вигляді

$$X = X_0 + \Delta_c, \quad Y = \Delta_G,$$

де X_0 – дійсне значення вимірюваної величини, X та Y – виміряні значення ємності та активної провідності.

Якщо взяти різницю результатів вимірювань перетворювача із звичайною функцією перетворення з врахуванням (1,2), то отримаємо

$$X - Y = X_0 - Ax + Fx^2 + cFx - Fx - Ax^2 - cAx. \quad (5)$$

Для перетворювача з оберненою функцією перетворення при сумі одержаних результатів з врахуванням (3,4) маємо

$$X + Y = X_0 + F + Ax + Ac + F - Fx - Fc. \quad (6)$$

Аналіз отриманих виразів показує, що при рівності значень параметрів A і F ($A=F=B$), для пере-

творювача із звичайною функцією перетворення (5) маємо

$$X - Y = X_0 - 2Bx, \quad (7)$$

а для перетворювача з оберненою функцією перетворення (6) за таких самих умов одержуємо

$$X + Y = X_0 + 2F. \quad (8)$$

Практична реалізація способу. Рівність A і F забезпечується введенням в активні перетворювачі CR-елементів, за допомогою яких можна задавати "нові" значення параметрів для операційного підсилювача ОП, а саме коефіцієнт підсилення та частоту одиничного підсилення. Схема активного перетворювача із звичайною функцією перетворення із введеними додатково елементами R_1, R_2 та C наведена на рис. 1.

Резистор R_2 і ємність C вмикають в коло від'ємного зворотного зв'язку ОП, а резистор R_1 – між інвертуючим входом вимірювального ОП та точкою з'єднання вимірюваної ємності C_x та зразкового резистора R_0 .

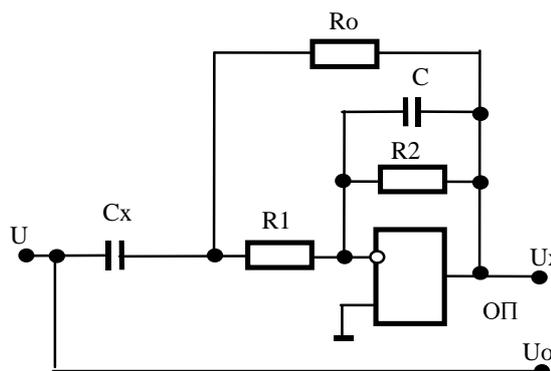


Рис. 1. Перетворювач із звичайною функцією перетворення

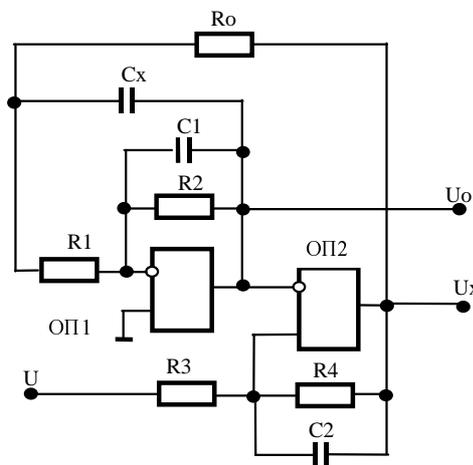


Рис. 2. Перетворювач з оберненою функцією перетворення

Отже, отримуємо ОП, в якому можна задати його "нові" параметри k_0 і ω_1 . Вони визначаються такими співвідношеннями

$$k_0 = \frac{R_2}{R_1}, \quad \omega_1 = \frac{1}{R_1 C}. \quad (9)$$

Схема перетворювача з оберненою функцією перетворення та аналогічними додатковими елементами наведена на рис. 2.

Додаткові елементи (резистори R_1 , R_2 і ємність C) вмикають в коло від'ємного зворотного зв'язку ОПІ аналогічно до попередньої схеми. Відповідно коефіцієнт підсилення та частота одиничного підсилення визначаються із співвідношень (9).

Висновки.

1) Для перетворювача із звичайною функцією перетворення маємо мультиплікативну складову абсолютної похибки (вираз 7), яка визначається значенням $2Bx$, а для перетворювача з оберненою функцією перетворення – адитивну складову (вираз 8), яка визначається значенням $2F$. Як в одному, так і в другому випадках такі складові усуваються відомими способами [6]. Причому, як видно з виразів (7), (8), в результаті такого вимірювання усуваються також похибки, зумовлені ємністю кабелю. Отже, забезпечується інваріантність результату вимірювання до неінформативної ємності.

2) Разом з тим, необхідно відзначити, що в цьому випадку можна досягти значно кращої стабільності "нових" параметрів, вибравши стабільними RC-елемен-

ти. Очевидно, що це стосується роботи перетворювачів на фіксованій робочій частоті. Зі зміною частоти необхідно змінювати значення ємності C . Для зменшення впливу параметрів вибраного ОП (коефіцієнт підсилення та частота одиничного підсилення) на встановлені "нові" параметри, розраховані за формулами (9), достатньо, щоб значення останніх були на порядок меншими від параметрів ОП.

3) Водночас такий спосіб вимірювання забезпечує взаємозамінність ОП, параметри яких мають широкий діапазон зміни значень. Це не потребує додаткового налагоджування приладу при його ремонті. Запас стійкості перетворювача, який працює в режимі неявного диференціатора, збільшується, оскільки є можливість вибору RC-елементів, що призводить до корегування характеристики ОП.

1. *Universal digital instruments for measuring systems*. N. Gitshow, A. Konopkin, R. Kurdydyk, J. Pochodylo, V. Tkatchenko. *Modern electrical and magnetic measurements (7-fh tc-4)*, Symposium, Prague, 1995, Czech Republic. 2. Ф.Б. Гриневич, М.Н. Сурду, А.С. Левицкий и др. *Емкости АН УССР. Институт электродинамики – Киев, 1990*. 3. Гаврилюк М.О., Походило С.В., Хома В.В. *Активні перетворювачі CLR-параметрів // Збірник матер. 3-ї н-т конф. "Вимір. та обчисл. Техніка в техпроцесах і конверсії виробництва"*, Хмельницький, 1995. 4. Гаврилюк М.О., Походило С.В., Соголовський С.П., Хома В.В. *Вимірювачі імітансу з прямим перетворенням // Вимірвальна техніка та метрологія. 1996. Вип. 52*. 5. Походило С. *Оцінювання похибок вимірювання параметрів ємнісних перетворювачів // Вимірвальна техніка та метрологія/ 2000/ №56*. 6. Орнатский П.П. *Автоматические измерения и приборы*. К., 1973.