

ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПАРАМЕТРІВ КОНДУКТОМЕТРИЧНИХ СЕНСОРІВ У НАПРУГУ

© Походило Євген, 2002

There are measuring transducers construction variants of conduction sensors parameters in voltage. Thert are schemes of transducers that provide an independence of converslon result from uninformative parameters of sensor.

Вступ. Вимірювання концентрації електролітів, кількісного вмісту компонентів розчинів, одиничних показників якості електропровідних рідин, зокрема питної та технічної води, методом електропровідності зводиться до вимірювання опору (провідності) електролітичної комірки (перетворювача). Вона являє собою заповнену електролітом посудину з двома або більше електродами. Для вимірювання опору сенсора може бути використаний будь-який із відомих методів вимірювання пасивних величин [1]. Проводиться таке вимірювання як на постійному, так і на змінному струмі з використанням контактних і безконтактних сенсорів [2]. Вимірювання на змінному струмі має переваги над вимірюваннями на постійному струмі, які полягають в усуненні електролізу під час вимірювання. Однак при цьому вимірювання з використанням контактних сенсорів вже зводиться до вимірювання комплексного опору чи провідності.

Модель сенсора на змінному струмі. Під час проходження через сенсор змінного струму виникають явища, які еквівалентні в електричному відношенні дії ємностей, що ввімкнуті послідовно і паралельно опору електроліту у вимірювальній комірці. Електричні процеси в даному випадку залежать від матеріалу електродів, стану їхньої поверхні, від зворотного електродного процесу, концентрації потенціально визначальних іонів, іонної сили розчину, температури та частоти змінного струму [3]. З урахуванням цього схема заміщення двоелектродного сенсора в звуковому діапазоні частот має зображений на рис. 1 вигляд [4].

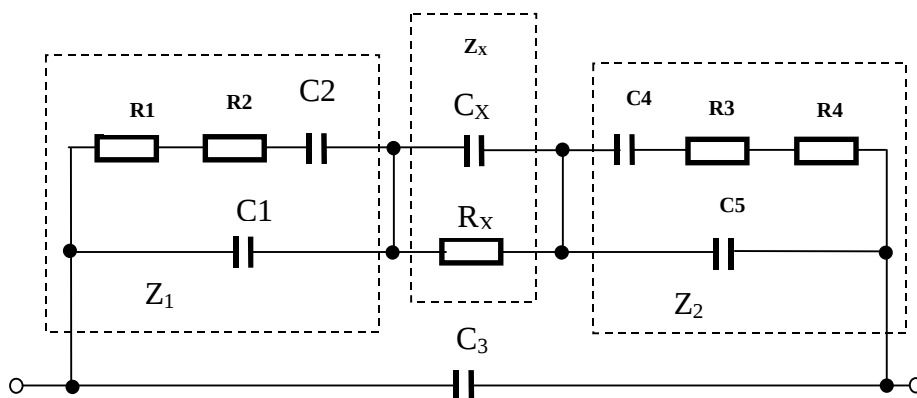


Рис. 1. Схема заміщення кондуктометричного сенсора

Опір резисторів R_1 , R_3 визначається електрохімічною поляризацією електродів, опір R_2 , R_4 та ємність C_2 , C_4 пов'язані з концентраційною поляризацією. Ємності C_1 , C_5 зумовлені ємністю подвійного шару зарядів на межі електрод – розчин. Опір Z_X в основному становить паралельну схему заміщення ємнісного характеру з елементами R_X та C_X . Ємнісна складова зумовлена переміщенням зарядів один відносно іншого на електродах, що проходить при змінах струму в розчині електроліту; активна складова – це опір електроліту. Ємності подвійного шару називають статичними, а ємність, зумовлена переміщенням зарядів, називають електролітичною [5]. Ємність C_4 – це початкова ємність сенсора (без розчину) та паразитна ємність лінії зв'язку сенсора з вимірювальним приладом. Інформативним параметром в наведеній схемі є тільки опір Z_X , а послідовно ввімкнуті з ним опори Z_1 , Z_2 – неінформативні, схеми заміщення яких для однакових електродів однакові. Наявність такої кількості неінформативних параметрів під час вимірювання вносить суттєві похибки, оскільки засоби вимірювання параметрів комплексного опору орієнтовані в основному на паралельну або послідовну схеми заміщення. Пряме їх використання для таких вимірювань стає неможливим.

Отже, суттєвий вплив неінформативних параметрів на результат вимірювання параметрів речовин рідкого стану змушує значно збільшувати частоту тестового сигналу, яким зондують такий сенсор. З підвищенням частоти схема заміщення спрощується, а на високих частотах вона зводиться до паралельного з'єднання інформативного опору Z_X та паразитної ємності C_4 [6]. Однак такий шлях усунення впливу неінформативних параметрів для багатьох речовин може бути непридатним, оскільки високочастотний сигнал може призводити до зміни складу речовини. В інших випадках дослідження багатьох речовин вимагають низькочастотного тестового сигналу.

Конструктивне виконання сенсора. Для усунення похибки, зумовленої неінформативними параметрами в контактних перетворювачах, конструктивно їх виготовляють чотириелектродними [7]. Варіанти побудови чотириелектродних перетворювачів наведені на рис. 2. Такі перетворювачі містять два струмові (1, 2) та два потенціальні (3, 4) електроди (рис. 2). Електрична комірка рідини 5 для сенсорів за конструкцією рис. 2, а утворюється струмовими та потенціальними електродами, наприклад циліндричної чи прямокутної форми. Електрична комірка рідини 5 для сенсорів за конструкцією рис. 2, б утворюється зовнішнім 6 та внутрішнім 7 (з електродами у вигляді провідних кілець) концентричними циліндрами з ізоляційного матеріалу.

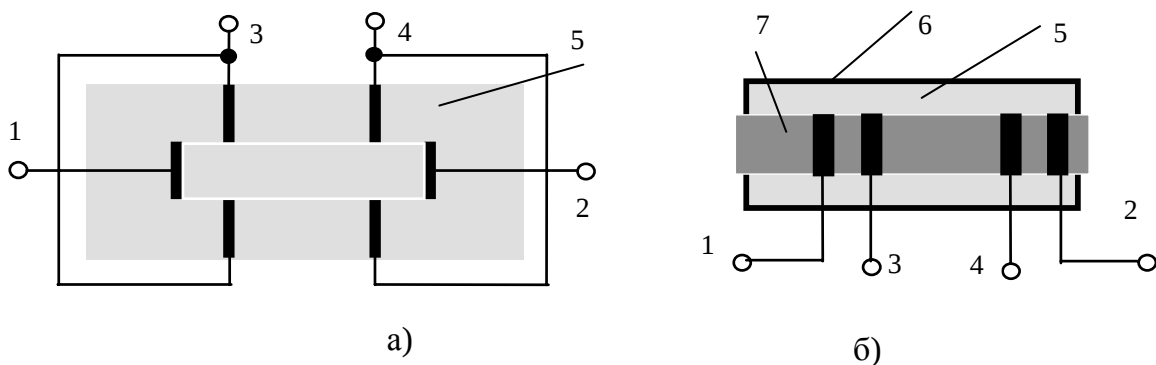
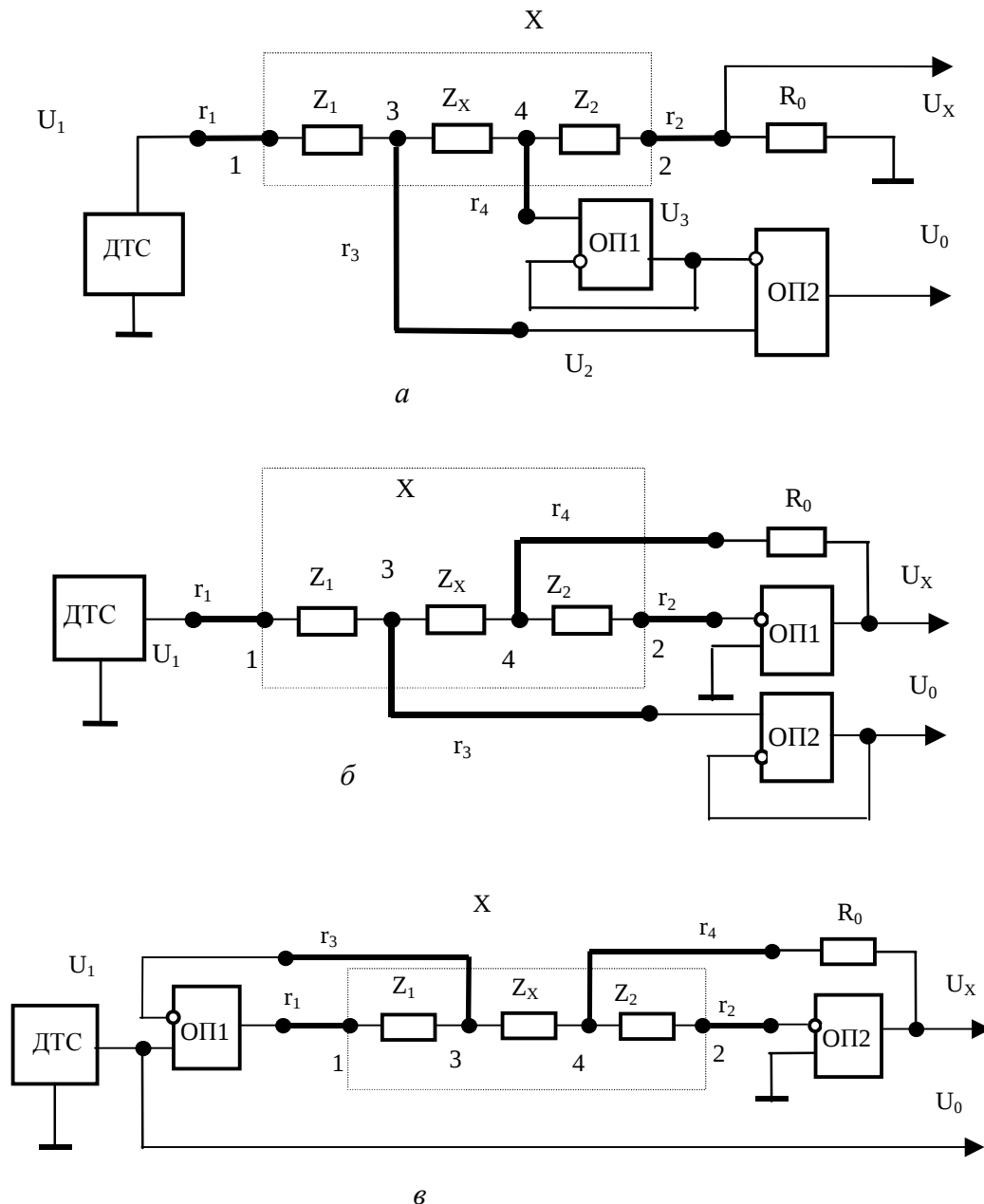


Рис. 2. Умовне зображення конструкції контактних електрохімічних сенсорів

Відповідно до схеми заміщення та конструктивного виконання контактних сенсорів отримуємо послідовне з'єднання комплексних опорів Z_1 , Z_2 , Z_X . Опори Z_1 , Z_2 утворені відповідно, опорами між електродами 1–3 та 4–2. Вони є неінформативними, вплив яких усувається застосуванням чотиризатисної схеми під'єднання первинного перетворювача до вимірювальної схеми. Опір Z_X є інформативним (опір між електродами 3–4), тобто він містить інформацію про неелектричну фізичну величину, а саме її властивість чи характеристику, яка зв'язана з ним відомою залежністю. Оскільки такий опір описується паралельною схемою заміщення, то доцільним є застосовувати для вимірювання перетворювачі комплексної провідності у напругу з лінійною функцією перетворення.

Вимірювальні перетворювачі провідності. Розглянемо варіанти побудови вимірювальних перетворювачів, що реалізують метод прямого перетворення провідності в напругу [8], а саме пасивного (рис. 3, а) та активних перетворювачів (рис. 3, б, в, г).



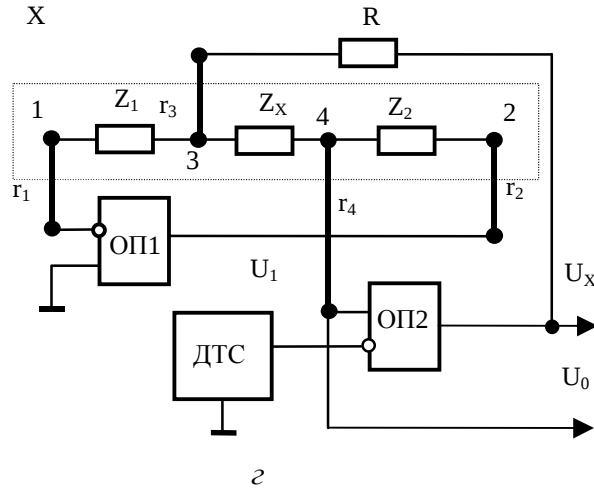


Рис. 3. Схеми перетворювачів провідності в напругу

Пасивний вимірювальний перетворювач (рис. 3, а) відрізняється від активних перетворювачів (рис. 3, б, в, г) тим, що в ньому як вимірювальний об'єкт, так і зразковий елемент не є елементами зворотних зв'язків активних елементів (операційних підсилювачів). У пасивному перетворювачі послідовно з'єднані сенсор X і зразковий резистор R_0 ввімкнуті в коло джерела тестового сигналу ДТС. Інформативна напруга U_X такого перетворювача (рис. 3, а) з врахуванням опорів лінії r_1 , r_2 , r_3 , r_4 та неінформативних опорів сенсора Z_1 , Z_2 описується залежністю

$$U_X = \frac{U_1 R_0}{r_1 + Z_1 + Z_X + r_2 + R_0} = U_1 \frac{R_0}{Z_X} \frac{1}{1 + \frac{r_1 + r_2 + R_0 + Z_1}{Z_X}}. \quad (1)$$

Опорна напруга $U_0 = U_2 - U_3$, а з врахуванням того, що

$$U_3 = U_1 \frac{r_2 + R_0 + Z_2}{r_1 + Z_1 + Z_X + r_2 + R_0}, \text{ а } U_2 = U_1 \frac{r_2 + R_0 + Z_2 + Z_X}{r_1 + Z_1 + Z_X + r_2 + R_0} \text{ отримуємо}$$

$$U_0 = U_1 Z_X \frac{1}{r_1 + Z_1 + Z_X + r_2 + R_0} = U_1 \frac{1}{1 + \frac{r_1 + r_2 + R_0 + Z_1}{Z_X}}. \quad (2)$$

Розділивши (1) на (2), з врахуванням $Y_X = \frac{1}{Z_X}$, маємо

$$\frac{U_X}{U_0} = R_0 Y_X. \quad (3)$$

З отриманого виразу (3) видно, що результат вимірювальної операції з використанням логометричного пристрою є незалежним як від неінформативних опорів Z_1 та Z_2 сенсора, так і від опорів з'єднувальних дротів r_1 , r_2 , які ввімкнуті в струмове коло. Формування опорної напруги здійснюється диференціальним підсилювачем ОП2. Повторювач, що виконаний на підсилювачі ОП1, забезпечує високоомний вхід диференційного підсилювача, чим усувається вплив опору r_3 , r_4 .

Аналогічний результат можна отримати, використавши відомі структури активних перетворювачів, а саме перетворювач із звичайною функцією перетворення (рис. 3, б, в) та з оберненою функцією перетворення [9] (рис. 3, г).

Для перетворювача (рис. 3, б) відповідно інформаційна та опорна напруги описуються залежностями

$$U_X = U_1 \frac{R_0}{r_1 + Z_1 + Z_X} = U_1 \frac{R_0}{Z_X} \frac{1}{1 + \frac{r_1 + Z_1}{Z_X}}. \quad (4)$$

$$U_0 = U_1 \frac{Z_X}{r_1 + Z_1 + Z_X} = U_1 \frac{1}{1 + \frac{r_1 + Z_1}{Z_X}}. \quad (5)$$

Розділивши (4) на (5), отримаємо вираз (3). До недоліків розглянутих перетворювачів можна віднести незабезпеченість режиму заданої напруги для об'єкта вимірювання при зміні його значення і значень неінформативних параметрів. В багатьох випадках такий режим має суттєве значення, оскільки від рівня тестового сигналу залежить вимірюваний параметр.

Усувається такий недолік перетворювачем, схема якого наведена на рис. 3, в. Забезпечується режим заданої напруги ввімкненням неінформативного опору Z_1 в коло повторювача, виконаного на ОП1 та виведенням неінформативного опору Z_2 з кола від'ємного зворотного зв'язку ОП2. Від'ємний зворотний зв'язок ОП2 забезпечується вимірюваним опором та опором зразкового резистора. Режим заданої напруги також забезпечується в перетворювачі з оберненою функцією перетворення (рис. 3, г), оскільки неінформативні опори Z_1 та Z_2 не входять у коло зворотного зв'язку ОП1, а напруга на вимірюваному опорі підтримується на рівні напруги джерела тестового сигналу. Для такого перетворювача інформаційна напруга

$$U_X = (U_0 - U_1)k, \quad (6)$$

де k – коефіцієнт підсилення диференційного підсилювача ОП2.

Опорна напруга перетворювача $U_0 = -U_X \frac{Z_X}{R_0}$, звідки

$$U_X = -U_0 R_0 Y_X, \quad (7)$$

де $Y_X = \frac{1}{Z_X}$. Прирівнявши (6) і (7), отримаємо

$$U_0 = U_1 \frac{1}{1 + \frac{R_0 Y_X}{k}}. \quad (8)$$

З врахуванням (6)

$$U_X = U_1 R_0 Y_X \frac{1}{1 + \frac{R_0 Y_X}{k}}. \quad (9)$$

Ділення (9) на (8) знову ж таки дає вираз (3).

Якщо забезпечити співвідношення $\frac{R_0 Y_X}{k}$ значно меншим від одиниці, то $U_0 \approx U_1$,

тобто отримуємо при цьому режим заданої напруги перетворювача для об'єкта вимірювання.

Отже, розглянуті перетворювачі комплексної провідності контактних кондуктометричних сенсорів в напругу забезпечують інваріантність результату до неінформативних

параметрів сенсора та опору лінії зв'язку їх з вимірювальними колами. Це дає можливість здійснювати контроль показників якості рідин за реактивною та активною складовими комплексної провідності у звуковому частотному діапазоні, забезпечуючи при цьому режим заданої напруги.

1. Измерения в электронике: Справочник // В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских, и др.; Под ред. В.А.Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512с. 2. Нуберт Г.П. Измерительные преобразователи неэлектрических величин. – Л., Энергия, 1970. 3. Андреев В.С. О некоторых свойствах двойного электрического слоя на границе диэлектрик – раствор // Электрохимия. – 1968. – Т. IV. – Вып. 6. 4. Головки Д.Б., Скрипник Ю.О. Методи та засоби частотно - дисперсійного аналізу речовин та матеріалів // Фізичні основи. – 2000. – 200 с. 5. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – М. – Л., 1954. 6. Високочастотні засоби вимірювання фізичних величин із самоналагоджуванням і автокорекцією похибок: Навч. посібник / П.М. Таланчук, Ю.О. Скрипник, В.О. Дубровний. – К.: ІЗМН, 1996. – 672 с. 7. Робинсон Р., Сток Р. Растворы электролитов. Иностранная литература. – М., 1963. 8. Походило Є.В. Малогабаритные измерители CLR. - параметров прямого преобразования. Автореф. канд. дис. 1990. 9. Гаврилюк М.О., Походило Є. В., Хома В.В. Активні перетворювачі CLR - параметрів // Зб. мат. 3-ї наук.-техн. конф. "Вимірювальна та обчислювальна техніка в техпроцесах і конверсії виробництва", Хмельницький, 1995.

УДК 681.121

Леонід Лесовой, Леся Близняк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ У ПОХИЛОМУ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ГАЗОПРОВОДАХ

© Лесовой Леонід, Близняк Леся, 2002

The benchmark analysis of calculating of pressure distribution of natural gas in tilted conduits and horizontal conduit is made. Calculating relative inaccuracy in the event of tilted under its ascent and downwards is made.

Природний газ є одним з найбільш поширених паливно-енергетичних ресурсів. З кожним роком зростає кількість споживачів природного газу як в Україні, так і за її межами. В Україні знаходиться розгалужена система газопроводів. Їх загальна протяжність становить 35 тис. км. Запас природного газу у газопроводах за даними ДК "Укртрансгаз" становить приблизно 1 млрд. м³ [1]. Оскільки запас природного газу в магістральному газопроводі залежить від розподілу тиску у ньому, то важливим параметром при обліку природного газу є тиск всередині газопроводу. Точність розрахунку розподілу тиску природного газу по довжині магістрального газопроводу впливатиме на точність визначення кількості газу, що знаходиться у газопроводі. На сьогодні при визначенні тиску всередині похилого газопроводу застосовують рівняння для горизонтального газопроводу. Це вводить додаткову похибку при визначенні кількості газу. Тому важливо для похилих газопроводів враховувати різницю вертикальних відміток газопроводу.