

Таблиця 2 – Розрахунок втрат тиску в трубопроводах установки УПЛГ-2500

Еталони об'єму газу	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$d, \text{ м}$	$S, \text{ м}^3$	$V, \text{ м/с}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	λ	Re	$\frac{\rho \cdot g^2}{2}$	\sum_i^n	\sum_j^n
ЛПЕ-2500	0,6944	0,2	0,0314	22,116	1,205	0,092	292908	294,7	461	961
	0,0694		0,0314	2,1116			29290	2,958	4,61	9,61
ЛПЕ-250	0,0694	0,08	0,00502	13,832	1,205	0,116	73282	115,27	381	466,7
	0,00694		0,00502	1,3832			7328	1,154	3,81	4,667
ЛПЕ-25	0,00694	0,04	0,00125	5,555	1,205	0,138	14715	18,591	65,84	123,5
	0,000694		0,00125	0,555			1471	0,186	0,65	1,24

1. Бродин І. С., Петришин І. С., Безтелесний А. Г., Дикий П. І. Державний спеціальний еталон одиниць об'єму та об'ємної витрати газу // Український метрологічний журнал. - № 3. - 1997. - С. 31-34. 2. Воцинський В. С., Іроденко В. В., Воцинський В. В. Установка з еталонами об'єму газу типу УПЛГ-2500 // Методи та прилади контролю якості. - № 4. - 1999. - С.104-106. 3. Schmitter D. Verhalten von Turbineradgaszahlern im Hochdruckbereich // Souderdruck aus qwfgas/erdgas. - № 125. - 1984. - Н 8. - S. 311-317. 4. Смыслов В. В. Гидравлика и аэ-

родинамика. К.: Вища школа, 1979. - 336 с. 5. Петришин І. С. Алгоритми досліджень та контролю метрологічних характеристик робочих еталонів об'єму газу // Методи та прилади контролю якості. - №7. - 2001. - С. 97-99. 6. Алешко П. М. Механика жидкості и газа. - Харьков: Высшая школа, 1977. - 320 с. 7. Контроль состава и качества природного газа / В. М. Плотноков, В. А. Подрешиетников, В. В. Радкевич, Л. Н. Тетеревятников - Л.: Недра, 1983. - 192 с.

УДК 621.317.73

КВАЗІРІВНОВАЖЕНИЙ МІСТ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИЕЛЕМЕНТНИХ ДВОПОЛЮСНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕСКАЛЯРНОГО РЕЖИМУ

© Бурбело М. І., Риков К. Ю., 2002

Вінницький державний технічний університет

Пропонується квазірівноважений міст, в якому використано нескальярний режим для вимірювання параметрів чотириелементних двополюсників. Живлення моста здійснюється синусоїдною напругою двох частот. Стан квазірівноваги досягається двома взаємозалежними регулюваннями. Аналізуються питання збіжності процесу приведення моста до стану квазірівноваги.

Одними із найбільш ефективних серед засобів вимірювань параметрів багатоелементних двополюсників є квазірівноважені мости [1, 2]. Вони вигідно вирізняються простотою вимірювального процесу, задовільною точністю і знаходять застосування в приладах контролю якості.

В квазірівноважених мостах традиційно використовуються скалярні режими. В таких режимах мостове вимірювальне коло приводиться до стану квазірівноваги регулюванням одного параметра, а фіксація моменту його досягнення здійснюється за одним скалярним критерієм. Однак зі збільшенням числа елементів вимірюваного двополюсника скалярні критерії квазірівноваги ускладнюються, що дещо зменшує ефективність квазірівноважених мостів. Певну зацікавленість викликає застосування

нескалярних режимів, в яких передбачається регулювання одночасно двох параметрів вимірювального кола і використання для направленої їх зміни двох детекторів квазірівноваги.

На рис. 1 зображена структурна схема квазірівноваженого моста з двома взаємозалежними контурами регулювання для вимірювання параметрів емнісних двополюсників, поданих чотириелементною паралельно-послідовною схемою заміщення.

Міст реалізований за структурною схемою, яка запропонована в роботі [3], із додатково введеним екстремальним детектором і складається із генератора Γ синусоїдної напруги з частотою, що змінюється, зразкових елементів G_0, C_0 , вимірюваного двополюсника з комплексною провідністю Y_X , пе-

ретворювачів струму в напругу ПС₁ - ПС₃, пристрою віднімання ПВ, компонентних детекторів КД₁, КД₂, екстремум-детектора ЕД і мікроконтролера МК. Регулювання може бути забезпечене як зміною параметрів зразкових елементів G_0 , C_0 , так і зміною коефіцієнтів передавання перетворювачів струму ПС₁ і ПС₃. Для спрощення викладу на схемі регульованими зображені зразкові елементи G_0 , C_0 .

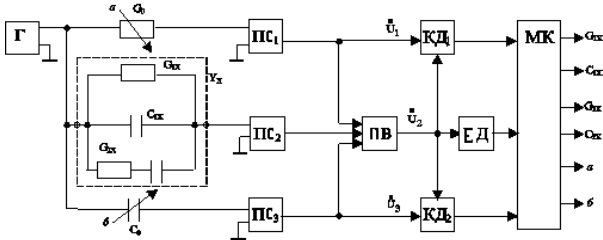


Рис. 1. Структурна схема квазірівноваженого моста

В процесі вимірювання використовуються комплексні функції:

$$\underline{W}_1 = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{G_0}{Y_x - G_0 - j\omega C_0}; \quad (1)$$

$$\underline{W}_2 = \frac{\dot{U}_3}{\dot{U}_2} = \frac{j\omega C_0}{Y_x - G_0 - j\omega C_0}. \quad (2)$$

Існує три стани, що можуть бути зафіксовані за незалежністю від частоти дійсних складових двох чи однієї з функцій \underline{W} . У разі $G_0=G_{1X}$ і $C_0=C_{1X}$ для фіксації стану квазірівноваги можуть бути використані обидві функції кола:

$$\text{Re}\underline{W}_1 = \frac{G_{1x}}{G_{2x}}; \quad \text{Re}\underline{W}_2 = \frac{C_{1x}}{C_{2x}}.$$

Якщо $G_0 = G_{1X} + G_{2X}$ і $C_0 = C_{1X}$, то використовується функція \underline{W}_1

$$\text{Re}\underline{W}_1 = -\frac{G_{1x} + G_{2x}}{G_{2x}}. \quad (3)$$

Якщо $G_0 = G_{1X}$ і $C_0 = C_{1X} + C_{2X}$, то використовується функція \underline{W}_2

$$\text{Re}\underline{W}_2 = -\frac{C_{1x} + C_{2x}}{C_{2x}}. \quad (4)$$

Проаналізуємо збіжність процесу зрівноважування моста. З цією метою виразимо комплексні функції \underline{W} через відносні величини у вигляді

$$\underline{W}_1 = \frac{p_0 \left(1 - j \frac{1}{\tilde{\omega}}\right)}{\left(1 - \Delta p - \Delta q\right) + j \left(\frac{1}{\tilde{\omega}} \Delta p - \tilde{\omega} \Delta q\right)}; \quad (5)$$

$$\underline{W}_2 = \frac{q_0 (1 + j\tilde{\omega})}{\left(1 - \Delta p - \Delta q\right) + j \left(\frac{1}{\tilde{\omega}} \Delta p - \tilde{\omega} \Delta q\right)}, \quad (6)$$

де $\tilde{\omega} = \frac{\omega}{\omega_{2X}}$ - зміщення частоти напруги живлення ω щодо частоти $\omega_{2X} = \frac{G_{2X}}{C_{2X}}$; $\Delta p = p_0 - p_X$;

$\Delta q = q_0 - q_X$ - відхилення регульованих від вимірюваних параметрів; $p_0 = \frac{G_0}{G_{2X}}$, $q_0 = \frac{C_0}{C_{2X}}$; $p_X = \frac{G_{1X}}{G_{2X}}$,

$q_X = \frac{C_{1X}}{C_{2X}}$ - відносні значення відповідно регульованих та вимірюваних параметрів.

На рис. 2а зображені нульові горизонтальні перерізи (ізогіпси) поверхонь сигналів нерівноваги $Q_1 = \text{Re}W_1(j\tilde{\omega}_1) - \text{Re}W_1(j\tilde{\omega}_2)$, а на рис. 2б - $Q_2 = \text{Re}W_2(j\tilde{\omega}_1) - \text{Re}W_2(j\tilde{\omega}_2)$, побудовані для $\tilde{\omega}_1 = 2$; $\tilde{\omega}_2 = 0,5$; а також точки квазірівноваги мостового кола $G_0 = G_{1X}$, $C_0 = C_{1X}$ (точка n_0), $G_0 = G_{1X} + G_{2X}$, $C_0 = C_{1X}$ (точка n_1), $G_0 = G_{1X}$, $C_0 = C_{1X} + C_{2X}$ (точка n_2), що мають у площині $(\Delta p, \Delta q)$ такі координати: $n_0(0,0)$, $n_1(1,0)$, $n_2(0,1)$. На лінії n_1 , n_2 знаходяться точки, що відповідають станам рівноваги мостового кола, які можуть бути досягнуті на окремих частотах напруги живлення. Координати цих точок визначаються виразами:

$$\Delta p = \frac{\tilde{\omega}^2}{1 + \tilde{\omega}^2}; \quad \Delta q = \frac{1}{1 + \tilde{\omega}^2}.$$

На підставі аналізу нульових поверхонь зрівноважування встановлена необхідність попереднього приведення мостового кола до стану рівноваги на одній з частот напруги живлення. Регулювання здійснюється параметрами G_0 , C_0 , а керування процесом зрівноважування - за допомогою ЕД і МК. Потім здійснюється направлена зміна (зменшення) обох параметрів G_0 і C_0 з метою приведення мостового кола до стану квазірівноваги, позначеному точкою n_0 . Для керування використовується інформація, одержувана від компонентних детекторів КД₁, КД₂. В цьому випадку доцільним є використання принципів координованого зрівноважування [4]. Так, додатні значення Q_1 і від'ємні значення Q_2 свідчать про необхідність зменшення обох параметрів p_0 і q_0 , додатні Q_1 і Q_2 - про необхідність зменшення p_0 , від'ємні Q_1 і Q_2 - про необхідність зменшення q_0 . У разі від'ємних значень Q_1 і додатних Q_2 не можна зробити які-небудь однозначні висновки про напрямок регулювання обох параметрів. Імовірніше за все, що обидва параметри необхідно збільшувати. В цьому випадку робляться пробні кроки в бік їх збільшення.

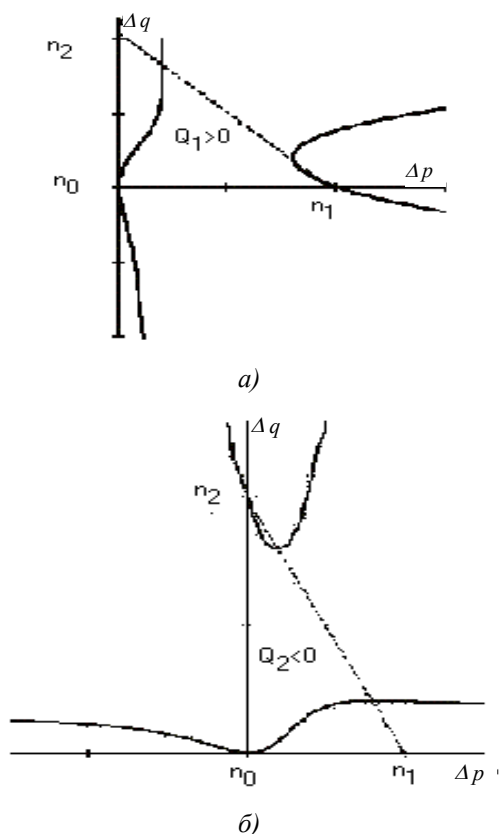


Рис. 2. Нульові ізогіпси поверхонь сигналів нерівноваги: $Q_1=0$ (а); $Q_2=0$ (б)

Для станів квазірівноваги, позначених точками n_1 і n_2 , неможливо забезпечити направлене зрівноваження двома параметрами одночасно. Ці стани легко можуть бути досягнуті регулюванням одного з параметрів із стану квазірівноваги, що характеризується точкою n_0 .

На рис. 3 зображені плоскі перерізи інформативних складових $Re W_1/p_0$ і $Re W_2/q_0$ як функцій відповідно Δp і Δq , що проведені через точки n_0, n_1 і n_0, n_2 , звідки випливає, що чутливість квазірівноважного моста досить висока як у точці n_0 , так і в точках n_1 і n_2 .

Нескалярні режими можуть бути використані і для інших квазірівноважених кіл, наприклад, для запропонованих у [5] універсальних мостових кіл, що забезпечують вимірювання параметрів чотириелементних індуктивних і ємнісних двополюсників з довільними схемами заміщення. Збіжність до стану квазірівноваги і чутливість таких кіл після введення відповідних відносних величин також відображається кривими, зображеними на рис. 2 і рис. 3.

Необхідно відмітити, що крім спрощення критеріїв квазірівноваги, в нескалярних режимах зменшується також число необхідних частот напруги живлення, що значно спрощує селекцію керуючих

дій.

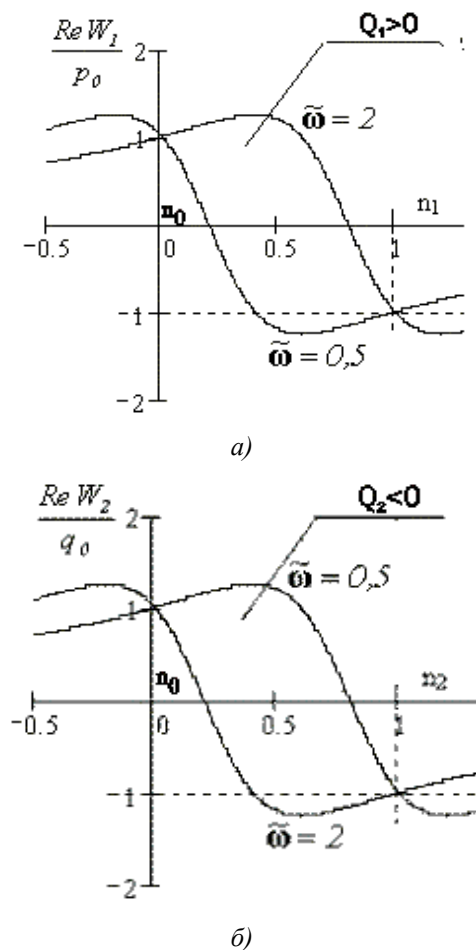


Рис. 3. Плоскі перерізи інформативних складових, проведені через точки n_0, n_1 (а) і n_0, n_2 (б)

1. Плотников В. Г. Квазиуравновешенные цепи для измерения параметров объектов, представляемых многоэлементными электрическими двухполюсниками. – Автореф. дис. канд. техн. наук. – Львов. – 1987.
2. Бурбело М. И. Квазиуравновешенные цепи для измерения электрических параметров емкостных датчиков влагомеров нефти и нефтепродуктов. – Автореф. дис. канд. техн. наук. – Киев. – 1987.
3. А. с. СССР № 1350586А1. GOIN 27/22. Измеритель частотных характеристик эмульсии / Г. А. Штамбергер, М. И. Бурбело, М. С. Блаженко. – Опубл. 07.11.87. Бюл. № 4.
4. Кнеллер В. Ю., Агамалов Ю. Р., Десова А. А. Автоматические измерители комплексных величин с координированным уравновешиванием. – М.: Энергия, 1975.
5. Бурбело М. И. Универсальные квазиуравновешенные мосты для измерения параметров четырехэлементных двухполюсников // Измерительная техника. – 2001. – № 11. – С. 39-41.

