ПЕРЕТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАМКНЕНИХ КІЛ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ КОМБІНОВАНОГО ВРІВНОВАЖЕННЯ СТРУМІВ І НАПРУГ

Роїк О. М., Арсенюк І. Р.
Вінницький державний технічний університет, кафедра ІС
E-mail: roik@vstu.vinnica.ua, air@vstu.vinnica.ua

Abstract

Roik A.M., Arsenyuk I.R., The transformation of elements parameters in the closed circuits on the basis combined equilibration methods of currents and voltage. *The task of a partition of the closed circuits by combined separated methods is formalized. The practical structures for realization of the appropriate converters are given. The analysis of errors is carried out which has shown, that the given approach provides increase metrological characteristics.*

Якість і надійність електронної апаратури визначається рівнем діагностичного забезпечення на всіх стадіях її життєвого циклу, в тому числі і на етапі виробництва. Сьогодні найширше застосування знайшли системи поелементного діагностування, які засновані на внутрисхемних методах визначення параметрів елементів складних об'єктів. Ці методи базуються на інваріантних перетвореннях [1] параметрів елементів в об'єктах діагностування (ОД). Такі перетворення потребують електричної декомпозиції елементів ОД, від якості якої залежить точність вимірювань шуканих параметрів, а отже і адекватність визначення технічного стану ОД в цілому.

Один з найпоширеніших методів виконання поелементної декомпозиції замкнених кіл полягає у перетворенні структури ОД на трикутне коло (одна з його гілок є досліджуваним елементом, а дві інші - шунтувальними колами), з подальшим включенням її у деяку структуру, розподіл сигналів у якій залежить тільки від параметрів досліджуваних елементів. В роботі [2] наведено комплекс таких перетворювачів, які є замкненими структурами з одним колом врівноваження. Однак, суттєвим недоліком таких структур є значні похибки перетворень, зокрема у випадках значного шунтування елементів у досліджуваних колах. Таким чином, задача підвищення точності перетворень параметрів елементів у складі замкнених кіл на сьогодні є перспективною та актуальною.

З вимірювальної техніки відомо [3], що структурні схеми перетворювачів параметрів пасивних двополюсників в загальному випадку можна розглядати з точки зору послідовного з'єднання у різних сполученнях керованих джерел струму і напруги. Наприклад, у базовій структурній схемі перетворювача C_{dg}^{ho}, так само як і в усіх інших структурах, точкою послідовного з'єднання керованих джерел є полюс *«s»* досліджуваного кола. При цьому джерело тестового сигналу V_o і досліджуваний двополюсник $\dot{Y}_x$ утворюють джерело струму, що кероване напругою, а провідність $\dot{Y}_o$ - джерело напруги, що кероване вищевказаним джерелом струму. Очевидно, що у випадку ідеального врівноваження значення струму і напруги для відповідних джерел будуть визначаються як $\dot{I}_{dg}^{hg} = V_o \dot{Y}_x$ і $\dot{u}_{dg}^{hg} = \dot{I}_{dg}^{hg} / \dot{Y}_o$. В реальних же умовах врівноваження завжди здійснюється з деякою похибкою. При цьому потенціал полюса *«s»* не дорівнює нулю, а значення струму, що формується керованим джерелом, буде визначатися як $\dot{I}_{dg}^{hg} = (V_o - \varphi_s)\dot{Y}_x$. Тобто, характеристики такого джерела неідеальні, що і призводить до виникнення похибок.

Крім того, слід відзначити, що особливістю перетворювачів параметрів елементів у

замкнених колах є шунтування їх входів двополюсником $\dot{Y}_s$. З точки зору послідовного з'єднання керованих джерел струму і напруги шина нульового рівня і двополюсник $\dot{Y}_s$ є джерелом нульового струму, яке у силу ненульового значення потенціалу полюса «*s*» також буде неідеальним і призводить до виникнення похибок. Аналогічна ситуація виникає і в інших базових структурах. Виходячи з вище описаного, можна дійти висновку, що для того, щоб підвищити точність перетворень, необхідно покращити характеристики відповідних джерел.

Відомо, що покращити характеристики керованих джерел можна структурними методами, що реалізуються замкненими структурними схемами врівноваження. При цьому врівноважуватися будуть знову ж таки потенціали полюсів «*g*» і «*s*» досліджуваного кола, вихідний сигнал врівноваження необхідно подавати у полюс кола довільної конфігурації, який в базових структура підключався до шини нульового рівня. Очевидно, що в результаті будуть отримані структури перетворювачів з двома каналами врівноваження. Виходячи з вищеописаного і, розглядаючи дану задачу із загальної точки зору, пропонується узагальнена структурна схема таких двоканальних перетворювачів (рис. 1).

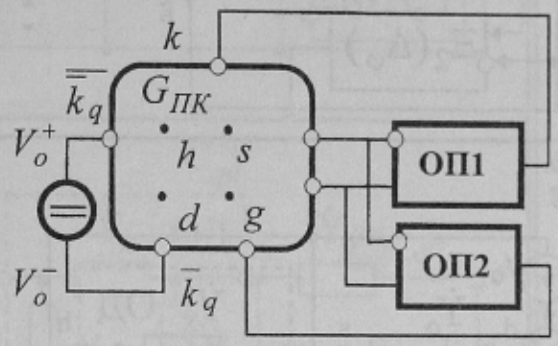


Рис. 1. Узагальнена структура перетворювача з двома каналами врівноваженням

Конкретні структурні схеми таких перетворювачів можуть бути отримані шляхом визначення орієнтації полюсів досліджуваних кіл h, s, d, g стосовно зовнішніх полюсів кола $G_{ПК}$ пасивних компонент довільної орієнтації. Аналізуючи усі можливі варіанти таких орієнтацій, було отримано дванадцять конкретних структур двоканальних вимірювальних перетворювачів параметрів елементів у складі замкнених електричних кіл (таблиця 1).

Розглядаючи наведені структурні схеми двоканальних перетворювачів і порівнюючи їх із структурами одно канальних перетворювачів [2], можна дійти висновку, що запропоновані структури є комбінаціями деяких двох одноканальних структур. При цьому по одному з них здійснюється врівноваження струмів, а по другому – врівноваження напруг.

Для дослідження метрологічних характеристик перетворювачі з комбінованим врівноваженням струмів і напруг дослідимо одну із запропонованих структур, наприклад $\bar{C}_{dg}^{ho}$. Вважаючи, що пристроями врівноваження є ОП. Для цього опишемо її двонаправленим графом (рис. 2, а) і знайдемо відповідну функцію перетворень, використовуючи узагальнену формулу коефіцієнта передачі кіл із незаземленими джерелами [4]

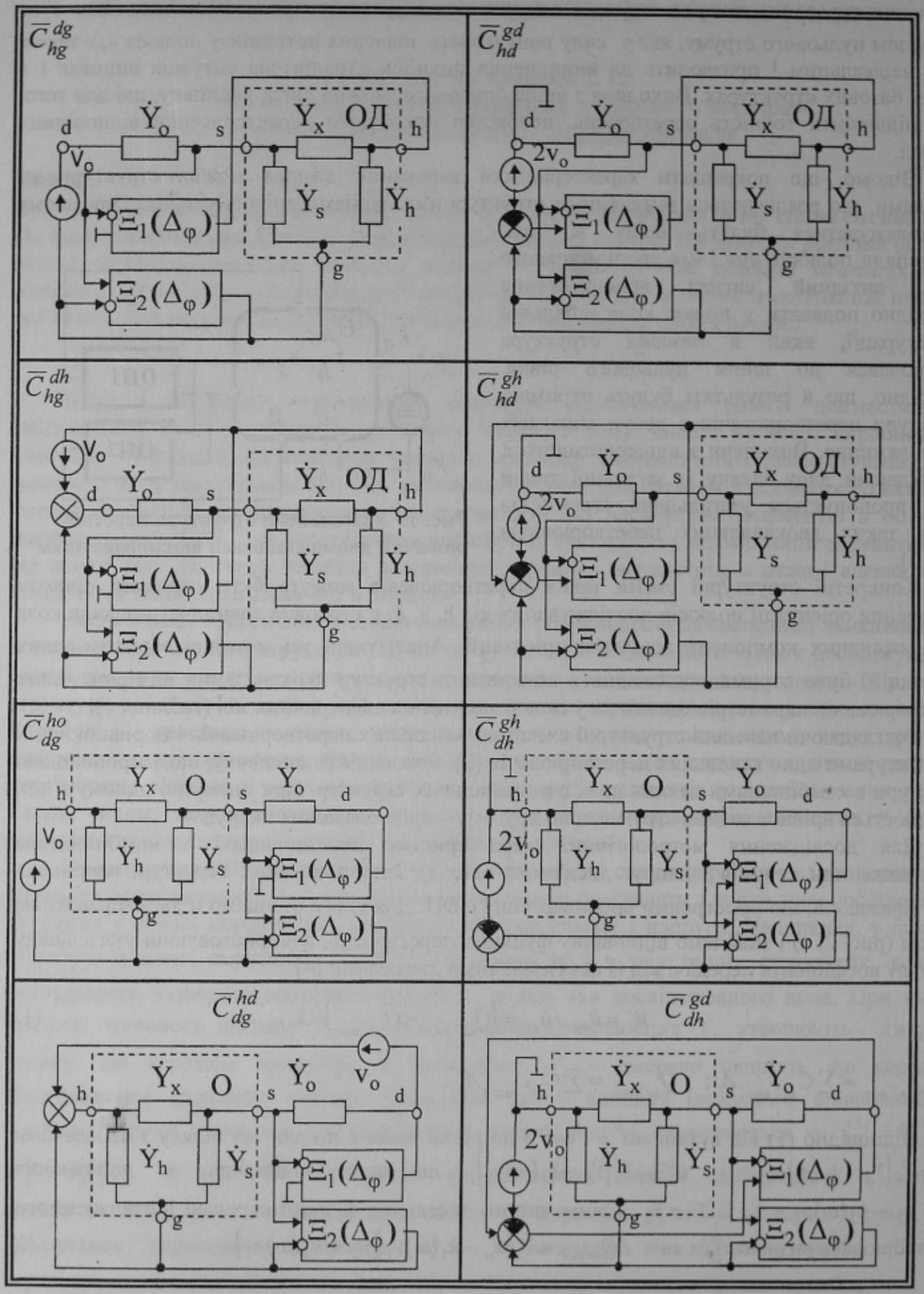
$$\dot{W} = \dot{u}_{вих} / \dot{u}_{вх} = \left(\dot{Q}_{вх^+ вих} - \dot{Q}_{вх^- вих}\right) / \dot{\Delta}, \qquad (1)$$

де $\dot{Q}_{вх^+ вих} = \sum \dot{C}_{вх^+ вих\, i} \dot{\Delta}_i$; $\dot{Q}_{вх^+ вих} = \sum \dot{C}_{вх^- вих\, j} \dot{\Delta}_j$.

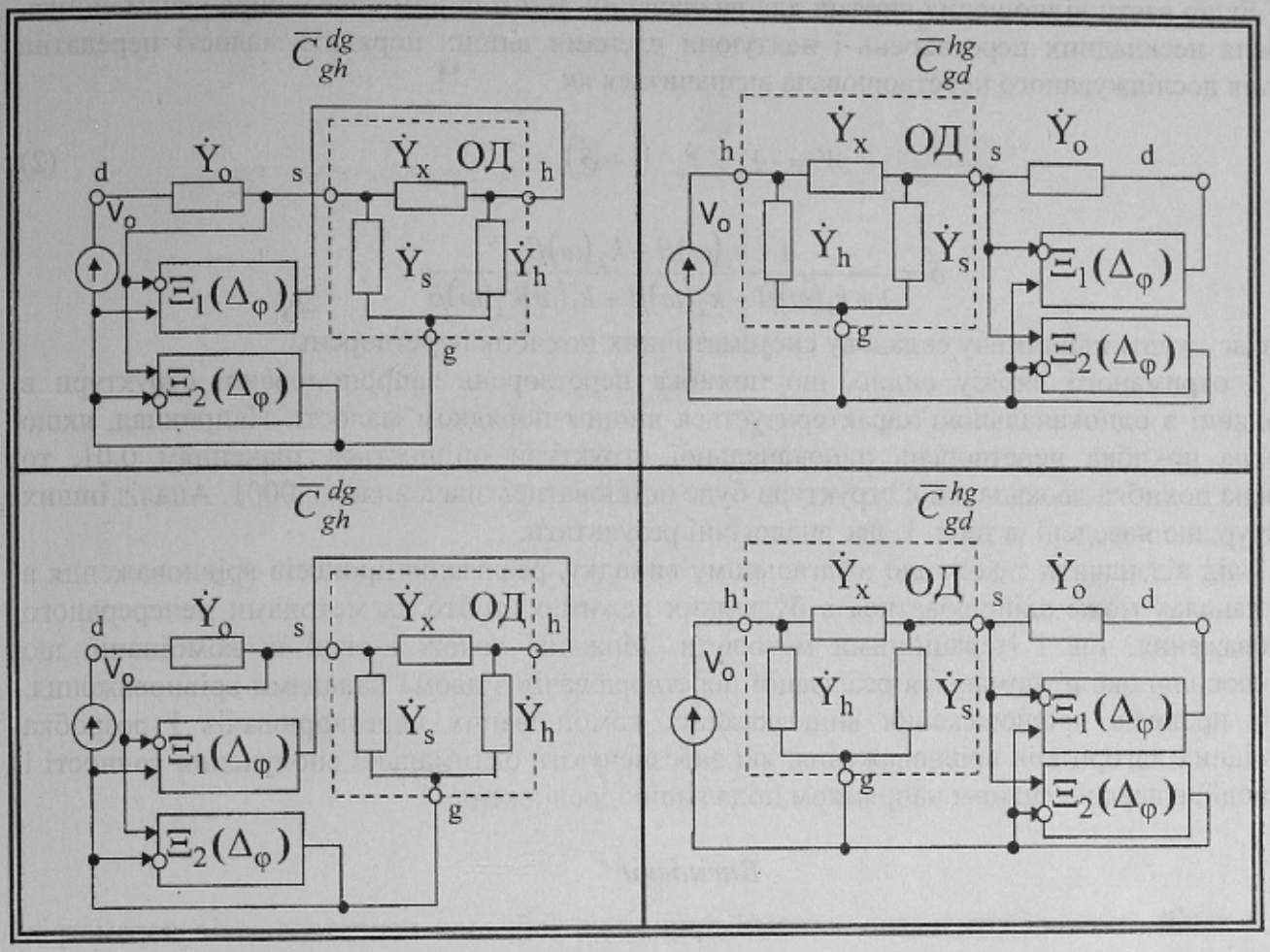
Відповідно (1) від вузлів «$вх^+$» і «$вх^-$» до вузла «*вих*» є по одному шляху з передачами $C^+ = \dot{Y}_x\left[\dot{Y}_o - k_1(\omega) y_1\right]$ і $C^- = \dot{Y}_s\left[\dot{Y}_o - k_1(\omega) y_1\right]$, до яких відповідно є доповнення $\Delta^+ = y_2 + k_2(\omega) y_2 + \dot{Y}_s$ і $\Delta^- = \dot{Y}_x$. Таким чином, чисельник функції передачі досліджуваного перетворювача визначиться як $\Delta Q_{вх\, вих} = \dot{Y}_x\left[\dot{Y}_o - k_1(\omega) y_1\right]\left[y_2 + k_2(\omega) y_2\right]$.

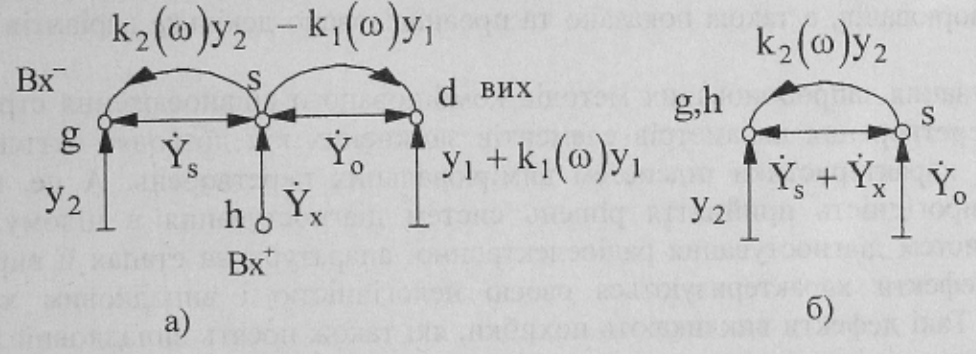
Таблиця 1.

Структурні схеми двоканальних перетворювачів параметрів елементів



Продовження табл. 1





а) б)

Рис.2. Двонаправлені графи: а) перетворювача з двома каналами врівноваження; б) підграф до шляху C_2^o

Під час визначення знаменника (1) полюси джерела тестового сигналу необхідно замкнути між собою. При цьому, якщо вибрати за вузол розкриття вузол «*вих*», то від базового вузла до вузла «*вих*» є також два шляхи з передачами $C_1^o = y_2\left(\dot{Y}_s + \dot{Y}_x\right)\left[\dot{Y}_o - k_1(\omega)y_1\right]$ і $C_2^o = y_1 + k_1(\omega)y_1$, причому до першого з них доповнення відсутнє ($\Delta_1^o = 1$), а щоб знайти доповнення до другого, знайдемо визначник підграфа, отриманого в результаті короткого замикання усіх вузлів цього шляху (рис. 2, б). Його значення визначається виразом $\Delta_2^o = y_2\left(\dot{Y}_x + \dot{Y}_s\right) + \dot{Y}_o\left[y_2 + k_2(\omega)y_2 + \dot{Y}_x + \dot{Y}_s\right]$. Таким чином, знаменник (1) буде описуватись

виразом $\Delta = y_2\dot{Y}_o\left(\dot{Y}_x + \dot{Y}_s\right) + y_1y_2\left(\dot{Y}_x + \dot{Y}_s\right) + \dot{Y}_o\left[y_1 + k_1(\omega)y_1\right]\left[y_2 + k_2(\omega)y_2 + \dot{Y}_x + \dot{Y}_s\right]$.

Якщо взяти відношення виразів для визначених таким чином чисельника і знаменника, то після нескладних перетворень і нехтуючи членами вищих порядків малості передатна функція досліджуваного перетворювача визначиться як

$$W = -\dot{Y}_x / \dot{Y}_o \cdot \left(1 + \dot{\delta}\right), \tag{2}$$

де

$$\dot{\delta} = \frac{1 + k_1(\omega)\dot{\beta} + k_2(\omega)\dot{\beta}}{1 + k_1(\omega)\dot{\beta} + k_2(\omega)\dot{\beta} + k_1(\omega)k_2(\omega)\dot{\beta}}$$

визначає мультиплікативну складову систематичних похибок перетворень.

З отриманого виразу видно, що похибка перетворень запропонованої структури в порівнянні з одноканальною характеризується вищим порядком малості. Наприклад, якщо відносна похибка перетворень одноканальної структури оцінюється значенням 0.01, то відносна похибка двоканальної структури буде оцінюватись значенням 0.0001. Аналіз інших структур, що наведені в табл. 1, дає аналогічні результати.

Слід відзначити також, що в загальному випадку, реалізація процесів врівноваження в обох каналах може здійснюватися в будь-яких режимах, тобто як методами неперервного врівноваження, так і ітераційними методами. Можливі також і різні їх комбінації, що зумовлює широке різноманіття реалізацій перетворювачів з двома каналами врівноваження. Аналіз процесів врівноваження вищевказаних комбінованих перетворювачів і розробка відповідних алгоритмів врівноваження, які забезпечують оптимальне сполучення точності і швидкодії, є перспективним напрямком подальших досліджень.

Висновки

В даній статті обгрунтовано загальні принципи побудови перетворювачів параметрів елементів, що входять до складу замкнених електричних кіл. Наведено узагальнену схему таких перетворювачів, а також показано та проаналізовано декілька варіантів її практичної реалізації.

Застосування запропонованих методів комбінованого врівноваження струмів і напруг для задач перетворення параметрів елементів замкнених кіл дозволяє суттєво підвищити метрологічні характеристики підсистем вимірювальних перетворень. А це, в свою чергу підвищить вірогідність прийняття рішень систем діагностування в цілому. Зокрема це стосується систем діагностування радіоелектронної апаратури на етапах її виробництва, де виробничі дефекти характеризуються своєю нелогічністю і випадковим характером їх виникнення. Такі дефекти викликають похибки, які також носять випадковий характер, при цьому, діапазон зміни значень таких похибок часто перевищує 50%, що для систем діагностування, особливо в умовах масового виробництва є абсолютно неприпустимим.

Література

1. Роїк О. М., Месюра В. І. Синтез структур вимірювальних перетворювачів параметрів компонентів замкнених електричних кіл // Вісник ВПІ. - 1996.- № 4.- С. 5 - 10.

2. Мартяшин А. И. и др. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерения. - М., Энергия, 1976. - 392 с.

3. Волгин Л. И. Аналоговые операционные преобразователи для измерительных приборов и систем. - М.: Энергоатомиздат, 1993.- 208 с.

4. Тимкин Ю. В. Анализ электронных схем методом двунаправленных графов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 256 с.