

УДК.621.317

## ВПЛИВ ПОХИБОК ВИМІРУ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТОЧНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМ

Федюшко Ю. М., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.+38(0619)42-11-52

**Анотація** – Пропонується метод оцінки впливу похибок виміру вихідних характеристик приладів на точність ідентифікації параметрів елементів схеми та запропоновані рекомендації по уточненню розрахунку.

**Ключові слова** – похибка виміру, вихідні характеристики, вагові коефіцієнти.

*Постановка проблеми.* При діагностуванні електронних схем необхідно визначити значення параметрів елементів схеми таким чином, щоб вихідні характеристики проектованого пристрою якомога краще співпадали з експериментально отриманими в точках вимірів. Цю задачу можна вирішити методом параметричної оптимізації з використанням відомого критерію мінімуму середньоквадратичної похибки [1]

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [Y_{j\delta i} (q) - Y_{j\delta i \zeta \delta} (q)]^2. \quad (1)$$

Враховуючи, що вихідні характеристики можуть бути різноманітними залежностями (напруги, струму, коефіцієнту передачі і т. п.), то доцільно в критерії (1) використовувати не абсолютні значення величин, а відносні

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{j\delta i \zeta \delta} (q)}{Y_{j\delta i} (q)} \right]^2. \quad (2)$$

де  $Y_{j\delta i \zeta \delta} (q)$  – розрахункове значення  $i$ -тої вихідної характеристики в  $j$ -тій точці, яка залежить від вектора параметрів схеми  $q$ ;

$Y_{j\delta i} (q)$  – вимірне значення  $i$ -тої вихідної характеристики в  $j$ -тій точці.

*Аналіз останніх досліджень.* В багатокритерійній задачі виникає необхідність об'єктивної оцінки важливості часткових критеріїв, які включені в критерій оптимальності. Оцінюють важливість часткових критеріїв за допомогою вагових коефіцієнтів, які повинні кількісно відображати важливість відповідних часткових критеріїв. Значні успіхи в останній час по логічному обґрунтуванню класично раціонального вибору та нові результати в галузі неklasичного вибору дозволяють з загальних позицій подивитись на проблему порівняння цінностей. Ця проблема в свою чергу поділяється на дві під проблеми: встановлення вигляду функції або узагальненого критерію і визначення вагових коефіцієнтів – коефіцієнтів важливості [2].

Враховуючи, що вимірювальний прилад має похибку вимірювання, критерій середньоквадратичної похибки можна записати

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q) + \varepsilon_{ji}} \right]^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q) \left( 1 + \frac{\varepsilon_{ji}}{Y_{jиГсу}(q)} \right)} \right]^2, \quad (3)$$

де  $Y_{jиГсу}(q)$  – вимірне значення;

$\varepsilon_{ji}$  – абсолютна похибка виміру в  $j$ -тій точці  $i$ -тої характеристики.

Так як абсолютна похибка вимірювання набагато менше вимірної величини з використанням розкладу в ряд Тейлора

$$\frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q) + \varepsilon_{ji}} \approx \frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q)} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{ji}}{Y_{jиГсу}(q)} \right) = \frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q)} (1 - \gamma_{ji}), \quad (4)$$

де  $\gamma_{ji} = \frac{\pm \varepsilon_{ji}}{Y_{jиГсу}(q)}$  – відносна похибка вимірювання  $Y_{jиГсу}(q)$ ;

тому вираз (3) можна перетворити до вигляду

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{jипроз}(q)}{Y_{jиГсу}(q)} (1 - \gamma_{ji}) \right]^2. \quad (5)$$

Отриманий вираз (5) можна представити в вигляді

$$f(q) = f_T(q) + \Delta f_{II}(q), \quad (6)$$

$$\text{де } f_T(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{j\text{поз}}(q)}{Y_{j\text{твн}}(q)} \right]^2;$$

$$\Delta f_{\Pi}(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[ 1 - \frac{Y_{j\text{поз}}(q)}{Y_{j\text{твн}}(q)} \gamma_{ji} \left( \gamma_{ji} + 2 - 2 \frac{Y_{j\text{поз}}(q)}{Y_{j\text{твн}}(q)} \gamma_{ji} \right) \right].$$

Перший доданок виразу (6) являє собою критерій середньоквад- ратичної похибки при точних вимірюваннях, а другий доданок  $\Delta f_I(q)$  визначає приріст критерію середньоквадратичної похибки за рахунок похибок вимірювань.

Для ідентифікації параметрів елементів схеми, яку розглядаємо методом оптимізації, задають мінімальне чисельне значення критерію середньоквадратичної похибки  $\delta_f$ . В точці мінімуму

$$f_T(q) = \delta_f - \Delta f_{\Pi}(q), \quad (7)$$

$\Delta f_I(q)$  може мати як додатні так і від'ємні значення.

При цьому можливі три випадки:

- 1)  $\delta_f \gg \Delta f_{\Pi}(q)$  – вплив похибки вимірювальних приладів на значення критерію  $f(q)$  незначний;
- 2)  $\delta_f \approx \Delta f_{\Pi}(q)$  – значення критерію оптимізації порівняно з впливом похибок вимірювальних приладів;
- 3)  $\delta_f \ll \Delta f_{\Pi}(q)$  – вплив похибок вимірювальних приладів переважає.

Отже, якщо знаємо похибки вимірювальних приладів в точках вимірювання, можна приблизно визначити  $\Delta f_{\Pi}(q)$ , вважаючи що відношення значень  $Y_{j\text{поз}}(q)$  до  $Y_{j\text{твн}}(q)$  дорівнює одиниці, а потім задати значення  $\delta_f \approx \Delta f_{\Pi}(q)$ . Значення  $\delta_f \gg \Delta f_{\Pi}(q)$  виключає вплив похибки вимірювальних приладів, але дає менш точну ідентифікацію параметрів елементів схеми.

*Формулювання цілей статті.* При ідентифікації параметрів елементів схеми вихідні характеристики вимірюються реальними приладами, які мають похибку вимірювання. Тому ставиться задача оцінити вплив похибки вимірювання вихідних характеристик на точність визначення параметрів елементів схеми і дати рекомендації по підвищенню точності розрахунку.

*Основна частина.* Зараз існує більше двох десятків груп та методів визначення коефіцієнтів важливості, що розрізняються виглядом вхідної інформації для отримання коефіцієнтів важливості. Насправді

тільки шість груп: узагальнений критерій по Подиновському; функція цінності; відхилення від "ідеальної" або точки рівноваги; трансформації частот віднесення до класу; трансформації частот переваги; випадкових векторів (рандомізації), які можна назвати методами визначення коефіцієнтів важливості критеріїв, що використовуються в узагальнених згортках.

Вагові коефіцієнти, які отримані цими методами, можна застосувати в мажоритарних вирішальних правилах, але навіть і там вони не можуть забезпечити достатню обґрунтованість операцій над молододостовірними вхідними даними (наприклад балів і операцій над ними).

Однак, основний недолік і тих, і інших засобів полягає в певній "безпідставності" в виборі вагових коефіцієнтів. Цей недолік припустимий при вирішенні, наприклад, проектних оптимізаційних задач, коли найкраще рішення може бути отримане при різноманітних значеннях варійованих параметрів. В якості міри достовірності отриманої інформації можна взяти точність вимірів, яку в свою чергу можливо розрахувати через відомі похибки вимірів реакцій кожного елемента схеми на тестові дії по кожному із доступних вузлів [2, 3].

Розглянутий критерій середньоквадратичної помилки (2) є усередненим критерієм по всіх точках виміру різних вихідних характеристик, отриманих за допомогою вимірювальних приладів, амплітудо і фазочастотних характеристик. Тому для підвищення точності розрахунку параметрів елементів схем необхідно ввести в критерій (2), визначення вагових коефіцієнтів  $V_{ij}$  точності вимірів, які враховують точність виміру вихідної характеристики  $Y_{jiev}(q)$

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N v_{ij} \left[ 1 - \frac{Y_{jripo}(q)}{Y_{jiev}(q)} \right]^2, \quad (8)$$

що забезпечить значне врахування визначених похибок, які є меншими і приведе до більш точного визначення значень характеристики в цій точці. Вирази для вагових коефіцієнтів точності будуть мати вигляд

$$v_{ij} = 1 - \delta_{ijje}, \quad (9)$$

де  $\delta_{ijje}$  – відносна похибка виміру  $j$ -тої характеристики в  $i$ -тій точці.

Чим більша похибка виміру в точці, тим менше значення має ваговий коефіцієнт точності. При точних вимірах всі коефіцієнти  $V_{ij}$  рівні одиниці.

Інший підхід до формування виразу для вагового коефіцієнту точності виміру  $j$ -тої характеристики в  $i$ -тій точці може бути наступним

$$v_{ij} = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{\delta_{ijeje}}{1}}, \quad j = \overline{1, J}; \quad i = \overline{1, N}. \quad (10)$$

Не важко перевірити умову нормування

$$\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N v_{ij} = \sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N v_{ij} \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{\delta_{ijeje}}{1}} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{1}{\delta_{ijeje}}}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{1}{\delta_{ijeje}}} = 1. \quad (11)$$

Таким чином, ваговий коефіцієнт точності часткового критерію, що сформувався для першого вузла схеми, вище, і це об'єктивно характеризує більш високий ступінь довіри до першого часткового критерію.

Очевидно, якщо всі вихідні характеристики, що беруть участь в формуванні часткових критеріїв, вимірюються з однаковою точністю, то і відповідні коефіцієнти будуть рівні між собою, складаючи в сумі одиницю.

Для однозначного відображення інформативної вихідної характеристики кількість відліків на ній необхідно брати в відповідності з теоремою відліків (Котельнікова), причому не обов'язково, щоб відстань між відліками була однакою. На дільницях, де значення вихідної характеристики змінюються більш швидко, відстань між відліками доцільно зменшувати, бо ці дільниці мають більшу граничну частоту спектру. Крім того, такий підхід зменшує вплив випадкової помилки при вимірюванні значення характеристики в дискретній точці на осі часу або частоти.

*Висновки.* Таким чином, запропонований метод визначення мінімального чисельного значення мінімуму середньоквадратичної похибки в процесах вимірювання, за рахунок введення вагових коефіцієнтів точності в критерій середньоквадратичної похибки. Рекомендації по вибору кількості дискретних точок на вихідних характеристиках дозволяють підвищити точність ідентифікації параметрів елементів схем шляхом оптимізації.

## Література

1. *Strobach P.* Linear prediction theory: a mathematical basis for adaptive systems / *P. Strobach.* – Berlin.: Springer-Verlag, 1990. P. 56 – 83.
2. *Бондаренко Б.Ф.* Применение методов функционального анализа для решения задач синтеза системы пространственно-временной обработки сигналов / *Б.Ф. Бондаренко, В.П. Прокофьев.* // Изв. вузов. № 7. Радиоэлектроника, 1982. – С. 12 – 16.
3. *Флора В.Д.* Апроксимація графіка не синусоїдальної функції за допомогою найпростіших геометричних фігур та елементарних функцій / *В.Д. Флора.* – Електротехніка та електроенергетика, №1, 1999. С. 24 – 29.

**ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ**

Федюшко Ю.М.

*Аннотация*

Предлагается метод оценки влияния погрешностей измерения выходных характеристик приборов на точность идентификации параметров элементов схемы и предложены рекомендации по уточнению расчета.

**INFLUENCE OF ERRORS OF MEASURING OF INITIAL PARAMETERS IS ON EXACTNESS OF CALCULATION OF ELEMENTS OF CHARTS**

Yu. Fediushko

*Summary*

The method of estimation of influencing of errors of measuring of initial descriptions of devices is offered on exactness of authentication of parameters of elements of chart and recommendations are offered on clarification of calculation.