

ТЕСТОВІ МЕТОДИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Яцук Ю.

Національний університет “Львівська політехніка” 79013, м. Львів, вул. Бандери, 12

Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) в процесі експлуатації піддаються невідворотним деградаційним змінам, які важко ідентифікувати через їх нестаціонарний характер. Це призводить до зменшення метрологічної надійності, причому традиційні способи періодичних метрологічних перевірок чи калібрування не дають гарантій їх метрологічної справності на протязі міжперевірних інтервалів. Тому стандартами рекомендується всесторонній аналіз і контроль протікання вимірювальних процесів, наприклад з допомогою переносних робочих еталонів [1]. Використання з цією метою кодо-керованих мір пов’язане з відносною складністю їх реалізації. Тому привабливим виглядає застосування тестових методів вимірювань і для широко розповсюдженої в промислових ЗВТ лінійної передавальної функції необхідно використати лише адитивні і мультиплікативні тести [2]. Очевидно, що в практиці перевагу слід віддати використанню тестів одного виду, а саме найпростіших в реалізації однозначних адитивних тестів. Тестові методи для вимірювання активних електричних величин X та лінійної функції перетворення ЗВТ $N=a+bX$, де a – адитивна складова похибки (АСП), зведена до входу; b – стала, можуть бути реалізовані на основі цифрового вольтметра, на вході якого вводяться два додаткові перемикачі полярності (ПП) вимірюваного X та зразкового B сигналів [2]. Результат вимірювання N_X отримується за три цикли перетворення при додатних полярностях вимірюваного X та зразкового B сигналів, при додатній полярності сигналу X та від’ємній сигналу – B і від’ємній полярності сигналу $-X$ та додатній полярності сигналу B . З урахуванням методичних складових похибок вхідного кола вираз коду N_X результату вимірювання подається як:

$$N_X = B \frac{N_1 - N_3}{N_1 - N_2} [1 + \delta_{ME1} - \delta_{ME2}] + \Delta_{12}n - \frac{\Delta_{13}}{2}, \quad (1)$$

де $\delta_{ME1} = 0,5(2\delta_{M1} + \delta_{M2} + \delta_{M3})$; $n = \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_3}$; $\delta_{ME2} = n(\delta_{M3} + \delta_{M2} - 2\delta_{M1})/2$;

$$\delta_{M1} = \frac{R_X + R_B + r_{K11} + r_{K12} + r_{K21} + r_{K22}}{R_{3B}}; \quad \delta_{M2} = \frac{R_X + R_B + r_{K11} + r_{K12} + r_{K23} + r_{K24}}{R_{3B}};$$

$$\delta_{M3} = \frac{R_X + R_B + r_{K13} + r_{K14} + r_{K21} + r_{K22}}{R_{3B}} - \text{методичні складові похибки, зумовлені}$$

обмеженістю вхідного опору R_{3B} ЗВТ, відповідно, в кожному з трьох циклів перетворення; N_1, N_2, N_3 – коди проміжних результатів перетворення в кожному з циклів перетворення; r_{Ki} – опори замкнених i -тих ключів; R_X, R_B – опори джерел сигналів, відповідно, вимірюваного та зразкового; $\Delta_{12} = \Delta_1 - \Delta_2$; $\Delta_{13} = \Delta_1 - \Delta_3$; $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - еквівалентні значення АСП, зведені до входу ЗВТ в кожному з трьох

циклах перетворення; $\Delta_{12} \cong \Delta_{13} \cong 4\Delta r_{Ki}(I_{3B} + 7I_{3PTi}) + 4R_B\Delta I_{3PTi}$ - нескориговані значення АСП [2].

Враховуючи паспортні дані сучасної елементної бази оцінимо значення нескоригованих похибок ЗВТ під час використання тестових методів: $I_{3PTi} \approx I_{3B} \approx 100$ нА, $\Delta I_{3PTi} \approx 10$ нА, $r_{Ki} \approx 1$ Ом, $\Delta r_{Ki} \approx 0,2$ Ом, $R_B \approx 18$ Ом, $R_{3B} \approx 10^8$ Ом, $R_X \approx 200$ Ом, нескориговане значення мультиплікативної складової похибки (МСП) буде нехтувально малим порівняно з типовими значеннями меж допустимих значень похибок $\delta_{ЗВТ}$ промислових ЗВТ $\delta_{ЗВТ} \gg \delta_{МЕ1} - \delta_{МЕ2} \leq \pm 0,0002$ %, нескориговане ж значення АСП буде достатньо великим і становитиме $\Delta_{12} \cong \Delta_{13} \cong 1,4$ мкВ. Для її зменшення слід обрати спеціальні аналогові ключі.

Під час перетворення сигналів постійного струму з використанням вхідного прецизійного шунта опрацювання сигналів за адитивним тестовим методом буде відбуватися за аналогією до описаного вище випадку перетворення сигналів напруги постійного струму.

Запропоновано використати адитивний тестовий метод для вимірювання пасивних величин електричного кола, зокрема опору постійному струму. Структура вимірювального кола складатиметься з гальванічно розділеного джерела постійного струму з послідовно увімкненими опорами вимірюванням R_X , тестовим R_B та зразковим R_N для формування зразкового спадку напруги для АЦП. Спадки напруг на резисторах R_X та R_B через перемикачі ППХ та ППВ і диференціальні підсилювачі подаються на суматор, сигнал якого перетворюється у вихідний код N_{Ri} АЦП. Результат вимірювання N_R отримується за три цикли перетворення при додатних полярностях вимірюваного $U_X = I_X R_X$ та зразкового $U_B = I_X R_B$ спадків напруг, при додатній полярності сигналу $U_X = I_X R_X$ та від'ємній сигналу $U_B = -I_X R_B$ і від'ємній полярності сигналу $U_X = -I_X R_X$ та додатній полярності сигналу $U_B = I_X R_B$. З урахуванням того, що значення методичних складових похибок вхідного кола нехтувально малі, вираз коду результату вимірювання подається як:

$$N_R = R_B \frac{a_{2\Sigma}}{a_{1\Sigma}} \cdot \frac{N_1 - N_3}{N_1 - N_2} + \frac{e_{1ВП} - e_{2ВП}}{2I_X} n - \frac{e_{1ХП} - e_{2ХП}}{2I_X}, \quad (2)$$

де $a_{1\Sigma}$, $a_{2\Sigma}$ – коефіцієнти передавання суматора по входах вимірюваного та тестового сигналів; $e_{1ВП}$, $e_{2ВП}$ – АСП каналу перетворення тестового сигналу відповідно при додатній та від'ємній полярностях; $e_{1ХП}$, $e_{2ХП}$ – АСП каналу перетворення вимірюваного сигналу відповідно при додатній та від'ємній полярностях; I_X – вимірювальний струм.

Значення різниць АСП для обох перетворюваних сигналів складатиме десятки частки мікрвольта і залежатиме від значення вимірювального струму. Аналіз виразу (2) показує, що неоднаковість відношення коефіцієнтів передавання суматора для обох каналів суттєво впливатиме на результат вимірювання. Її можна скоригувати під час налаштування ЗВТ, часові ж та температурні зміни цього відношення можуть не перевищувати значення тисячних долей відсотка. У цьому випадку похибка вимірювання опору за адитивним тестовим методом може складати декілька тисячних часток процента.

Перелік використаних джерел:

1. ISO 10012:2003. *Measurement management systems – Requirements for measurement process and measuring equipment.*
2. Яцук, В.О. *Методи підвищення точності вимірювань. [Текст]: підручник / В.О. Яцук, П.С. Малахівський // Львів, «Бескид-біт», 2008. – 368 с.*

O PROPOZYCJACH ZMIAN W WYZNACZANIU NIEPEWNOŚCI POMIARÓW WEDŁUG PRZEWODNIKA GUM

Warsza Zygmunt Lech

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Warszawa Pl.

W szeregu publikacjach opracowanych w wiodących narodowych instytutach metrologicznych (NMI) oraz w uczelniach i innych ośrodkach naukowych proponuje się rozszerzenie i udoskonalenie zaleceń międzynarodowego przewodnika o wyznaczaniu niepewności pomiarów o akronimie GUM [1]. Oceną i wdrożeniem tych propozycji jako zaleceń dla praktyki metrologicznej zajmuje się Międzynarodowy Komitet d/s Przewodników w Metrologii JCGM. W publikacji [2] przedstawiono propozycję nowej wersji GUM 2 opartej na podejściu Bayesa. Zawiera ona zmodyfikowany wzór do wyznaczania standardowej niepewności pomiaru $u(y)$, tj.

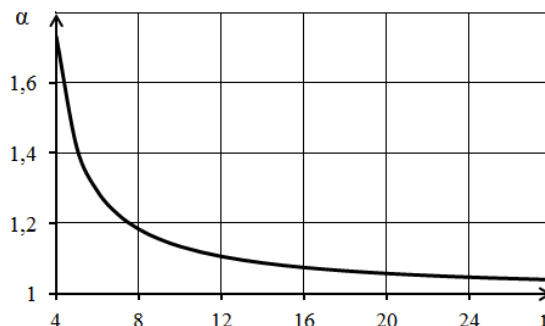
$$u(y) = \sqrt{\frac{n-1}{n-3} u_A^2 + u_B^2} \quad (1)$$

Wzór ten uwzględnia zwiększanie się niepewności u_A obliczanej obecnie wg GUM metodą statystyczną typu A, wraz ze zmniejszaniem się liczby danych pomiarowych n w próbce. Standardowe odchylenie wartości średniej \bar{x} próbki przy pomiarze pojedynczej wielkości X przy niepewności $u_B = 0$ wynosi:

$$u(x) = \alpha s(\bar{q}) \quad (2)$$

gdzie: $\alpha \equiv \sqrt{\frac{n-1}{n-3}}$, $\bar{x} = \bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i$, $u_A(x) = s(\bar{q}) = \frac{s(q_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}$

Wykres zależności współczynnika α od n podaje rys.1.



Rysunek 1– Zależność współczynnika α od liczebności próbki n .

Figure 1– Coefficient α as function of the number n of sample elements

Przebieg współczynnika α ze wzoru (1) jest taki jak dla danych próbki z populacji o rozkładzie normalnym i wynika z rozkładu Studenta. Współczynnik α można stosować tylko dla próbek o $n \geq 4$. Botsiura i Zakharov w pracy [8] podają, że symulacja metodą