

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОПЕРАЦІЯХ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ЗА РІВНЕМ ВЛАСНИХ ШУМІВ

В даній роботі запропоновано методику оцінки невизначеності для засобу безпосереднього контролю виробів електронної техніки за рівнем власних шумів. Це дає можливість проводити дослідження розсіювання інформативного параметру на етапі вимірювання.

In this paper, the method of determining the uncertainty means direct control of electronic equipment in terms of intrinsic noise. This makes it possible to estimate the scattering information parameter in step measurement.

Вступ

Для забезпечення конкурентоздатності і відповідної якості продукції на міжнародному рівні, однією із необхідних умов є відповідність характеристик встановленим міжнародним нормам. Для досягнення цього постає завдання підвищення достовірності одержуваних оцінок точності, що є насамперед мірою довіри до шуканої оцінки, яка виражається через її відхилення від прийнятого опорного значення. З урахуванням цього доцільно проводити аналіз результатів досліджень з використанням характеристик розсіювання, що отримали назву – невизначеність.

Таким чином для забезпечення відповідності до міжнародних норм результатів операцій вхідного та вихідного контролю виробів електронної техніки за рівнем власних шумів, необхідно розробити методику для оцінки метрологічних характеристик засобів оцінки інформативного параметра.

Методика оцінки

Як відомо [1], існує дві методики оцінки точності вимірювання інформативного параметра: вітчизняна і міжнародна. Між ними має місце безпосередній зв'язок і методика оцінки результатів вимірювання є подібними.

Невизначеність вимірювань – параметр, який пов'язаний із результатом вимірювань і характеризується розсіюванням значень, які, із певною імовірністю, можуть бути вимірювальною величиною [1].

Основною кількісною характеристикою невизначеності вимірювань є стандартна невизначеність. Існує два види стандартної невизначеності: тип А – статистичний аналіз результатів багатократного вимірювання інформативного параметра; тип В – з використанням інших методів [2].

В даному випадку проводиться оцінка засобу контролю який використовує безпосередню оцінку інформативного параметра [3]. Такий метод використовує багатократне вимірювання інформативного параметра, який описується середньоквадратичним значенням шумової напруги $\overline{U_u^2}$.

Нехай, значення багатократних вимірювань обумовленні джерелами невизначеності, які мають випадковий характер. Для такого випадку стандартну невизначеність вимірювань можна записати:

$$u_{A,i} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \overline{x_i})^2},$$

де $x_{i1} \dots x_{in}$, ($i = 1, \dots, n$) результати багатократних вимірювань інформативного параметра;

$$\overline{x_i} = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^n x_{iq} - \text{середнє арифметичне значення вимірювань.}$$

Для інформативного параметра стандартну невизначеність можна визначити за виразом як:

$$u_A = \frac{df}{dU_u^2} u(\overline{U_u^2}).$$

Як відомо [3] виміряне значення шумової напруги для засобу безпосереднього контролю становить:

$$U = \frac{k_1^2 k_2^2 k_\phi^2 S_\phi R_n T_c}{2T_c} \int_0^{T_c} \left(\int_{f_1}^{f_2} U_u^2(f) df \right)^2 dt,$$

де k_1 і k_2 – коефіцієнти підсилення попереднього і кінцевого підсилювачів; k_ϕ – коефіцієнт передачі смугового фільтра; R_n – опір навантаження детектора; S_ϕ – крутість вольт-амперної характеристики детектора; U_u^2 – визначає повний рівень шумів на низьких частотах із врахуванням паразитних і зворотніх зв'язків схеми вмикання ВЕТ і коефіцієнта передачі; T_c – період вимірювання.

Отже значення перетворювальної функції для методу безпосереднього контролю можна записати так:

$$u_A = k_1^2 k_2^2 k_\phi^2 S_d R_n \overline{U_{uc}^2} (f_2 - f_1)^2 \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\overline{U_{ui}^2} - \overline{U_{uc}^2})^2}.$$

Наведений вище вираз є стандартною невизначеністю типу А для засобу безпосереднього контролю і становить 0,5 %.

Оцінимо невизначеність типу В. Вона складається із сукупностей невизначеностей джерел невизначеності, що мають систематичний характер. При цьому закон розподілу факторів, що впливають, вважається рівномірним.

Для оцінювання невизначеності типу В необхідно використовувати всю експериментально отриману і перевірену інформацію про характеристики вимірювального засобу, а також зміну вхідної вимірювальної величини. В результаті цього інформація для обчислення невизначеності типу В поділяється на такі категорії:

- а) інформація про вимірювання величин, які входять в рівняння вимірювання і закони їх розподілу;
- б) дані про властивості вимірювальних засобів, які базуються на досвіді дослідника і загальних теоретичних відомостях;
- в) невизначеність констант і довідникових характеристик;
- г) дані про повірку, калібрування, технічні характеристики пристрою.

Невизначеність цих даних оцінюють як границю відхилення значення вимірювальної величини від її оцінки. Таким чином, для вимірювального значення середньоквадратичної шумової напруги $\overline{U_{uc}^2}$, можна припустити, що існує певний інтервал ($\Delta_n \dots \Delta_e$) в якому імовірність знаходження вимірювальної величини рівна одиниці, а поза межами – нулю. Для даного діапазону можна припустити, що значення вимірювальної величини може знаходитись у будь-якій точці із однаковою імовірністю. Таким чином для невизначеності типу В можна записати наступний вираз:

$$u_{Bi} = \frac{\Delta_e - \Delta_n}{2\sqrt{3}}.$$

Зазвичай інтервал вимірювальної величини припускають симетричним і центр його є математичним очікуванням. Враховуючи це формулу невизначеності можна записати наступним чином:

$$u_{Bi} = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}.$$

Проаналізуємо перетворювальну характеристику засобу контролю. На рівень систематичної похибки має вплив нерівномірність коефіцієнтів підсилення підсилювачів, нестабільність опору навантаження і наявність довіркового інтервалу вимірювальної величини. Враховуючи, що джерела похибок є незалежними сумарну стандартну невизначеність типу В можна записати так:

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{df}{dU_{uc}^2}\right)^2 u_B^2(\overline{U_{uc}^2}) + \left(\frac{df}{dk}\right)^2 u_B^2(k) + \left(\frac{df}{dR_n}\right)^2 u_B^2(R_n)}.$$

Враховуючи характеристики розробленого засобу, після математичних обчислень невизначеність типу В становить близько 0,4 %.

І на кінець проводиться визначення сумарної стандартної невизначеності, яка є стандартною невизначеністю результату вимірювань, отриманих через значення інших величин, які отримані у відповідності до зміни результату вимірювань. Вона записується так:

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

На основі сумарної стандартної невизначеності визначається розширена невизначеність, що являє собою інтервал біля існуючого значення результату вимірювання, в межах якого знаходиться більша частина значень, які б могли бути прийняті за вимірювальну величину. Вона визначається так

$$U = ku,$$

де k – коефіцієнт охоплення.

Коефіцієнт охоплення вибирається відповідно до виразу:

$$k = t_p(n),$$

де $t_p(n)$ – коефіцієнт розподілу Стюдента з ефективним числом ступенів свободи та імовірністю допуску.

Враховуючи отримані вище вирази, для засобу безпосереднього контролю розширена невизначеність становить 1,92 %.

При багатократних вимірюваннях виникають результати з надмірними похибками. Тому для оцінки багатократних вимірювань необхідно видалити неінформативні результати таким чином, щоб не змінилися характеристики точності пристрою. Для цього існує безліч методів вилучення грубих помилок [4]. При

цьому рекомендується використовувати наближенні коефіцієнти розподілу. Оскільки коефіцієнти визначають межу за якими знаходяться грубі помилки, то згідно із [2] перевірку необхідно здійснювати за декількома критеріями.

Оскільки, як показали результати дослідження, для інформативного параметра є справедливим нормальний закон розподілу, а також кількість вимірювань при операції усереднення є більше ніж 50, то це дає можливість використовувати критерій Ірвіна і критерій Смірнова.

Критерій Ірвіна передбачає використання наступної умови:

$$I = \frac{\overline{U_{u,n+1}^2} + \overline{U_{un}^2}}{S},$$

де $\overline{U_{u,n+1}^2}, \overline{U_{un}^2}$ – найбільші значення із ряду значень випадкової величини; S – середньоквадратичне відхилення випадкової величини.



Рис. 1. Алгоритм оцінки невизначеності вимірювання інформативного параметра для засобу контролю виробів електронної техніки за рівнем власних шумів

Даний коефіцієнт порівнюється із граничним значенням I_q , при чому якщо $I > I_q$, то результат є помилковим і відкидається.

Для критерію Смірнова розраховується наступна умова:

$$b = \frac{\max \left[\overline{U_{un}^2} + \overline{U_{шc}^2} \right]}{S},$$

де $\overline{U_{шс}^2}$ – середнє арифметичне значення виміряної випадкової величини.

Для наочного представлення методики визначення невизначеності оцінки інформативного параметру при операціях контролю наведено алгоритм, який зображено на рис. 1

Висновок

Таким чином невизначеність вимірювань можна характеризувати як параметр розсіювання значень інформативного параметру при операціях вхідного та вихідного контролю виробів електронної техніки за рівнем власних шумів. Дана методика передбачає використання результатів оцінки систематичної та випадкової похибки результатів вимірювання із використанням засобу контролю.

При використанні вимірювань середньоквадратичного значення шумової напруги для інтегрального транзистора, сумарна стандартна невизначеність склала 0,64 %, а розширена 1,92 %.

Література

1. Себекин А.П. Рекомендация по применению “Руководства по выражению неопределенности измерений” / А.П. Себекин, В.А. Слаев, А.Г. Чуновкина, А.В. Чурсин. – С-Петербург: ВНИИМ им. Менделеева, 1999. – 136с.
2. Циделко В.Д., Яремчук Н.А. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання / В.Д. Циделко, Н.А. Яремчук. – К.: ІВЦ “Видавництво Політехніка”, 2002. – 176с.
3. Михалевський Д.В. Метод безпосереднього прогнозування надійності виробів електронної техніки за рівнем НЧ шуму / Д. В. Михалевський, В.М. Кичак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 1. – С. 196-203.
4. Кухарчук В.В. Оцінка комбінованої невизначеності вимірювань / Кухарчук В.В., С.Ш. Каців // Автоматика – 2006: міжнар. наук. – техн. конф. 25-28 вересня 2006р.: тези доповідей. – Вінниця. 2006. – С.94-98.

Надійшла до редакції
26.11.2012 р.

УДК 621.3

О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ

Хмельницький національний університет

ОЦІНКА СПІВВІДНОШЕННЯ СИГНАЛ-ШУМ У CORDIC ЦИФРОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИНТЕЗАТОРАХ

Розглянуто принципи побудови синтезаторів сигналів у на основі CORDIC алгоритму. Виконано математичний аналіз виникнення похибок синтезу у синтезаторах такого типу. Проаналізовано помилки округлення, та співвідношення сигнал-шум даного типу синтезаторів. Підтверджено адекватність запропонованої моделі.

Principles of Synthesis based on CORDIC algorithm were propoused. A mathematical analysis of errors in the synthesis synthesizers of this type. Analysis of rounding errors, and signal to noise ratio of this type synthesizers. Confirmed the adequacy of the proposed model.

Ключові слова: : CORDIC (COordinate Rotation Digital Computer), QAM, АЦП, ЦАП, прямиий синтезатор частоти, фазовий акумулятор, ADC, DAC, direct frequency synthesizer (DDS).

Постановка задачі

У розвинутих країнах світу активно ведуться розробки технології, що отримала загальну назву Software Defined Radio (SDR) – радіозв’язок з програмованими параметрами компонентів (РППК)[1]. Суть технології SDR (РППК) полягає у тому, що базові параметри приймально-передавальних пристроїв визначаються саме програмним забезпеченням, а не апаратною конфігурацією. Вихідним елементом радіопередавача у такій технології є, як правило, цифровий синтезатор частоти з можливістю модуляції усіх базових параметрів сигналу (фази, частоти, амплітуди). Параметри такого синтезатора визначають якість роботи систем побудованих за технологією SDR. Перспективним напрямком розвитку цифрових обчислювальних синтезаторів частоти є синтезатори на основі алгоритму CORDIC [2]. Виявлення методів покращення якості спектрального складу синтезованих сигналів у цьому алгоритму і є задачею запропонованої роботи.

Аналіз досліджень та публікацій

Алгоритм CORDIC (COordinate Rotation Digital Computer – Цифрове обчислювальне обертання координат) застосовує ітеративні методи для обертання на будь-який кут із застосуванням лише операцій зсуву та додавання. Алгоритм заснований на загальних математичних уявленнях про обертальні перетворення. На рис. 1 пара кутових векторів обертається за часовою стрілкою на кут Ang за алгоритмом CORDIC, де координати векторного перетворення (I, Q) в (I', Q') :