

загальносистемного контролера та їх встановлення. В програмне забезпечення системного контролера вищого рівня ввести програми формування та зберігання індивідуальних пакетів налаштувань для вимірювачів та їх передачі відповідним вимірювачам. Це дозволить автоматизувати процес налаштування пультів управління для конкретного режиму роботи об'єкту управління.

Ключові слова: щитовий вимірювач електромеханічний, щитовий вимірювач електронний інтелектуалізований.

Література

1. Вимірювачі параметрів електричної мережі. [Електронний ресурс] Доступно: http://www.microl.ua/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=116&Itemid=71&lang=ru Дата доступу: Січ. 20, 2021.

УДК 006.86

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ВХІДНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ НА ДОДАТКОВУ СКЛАДОВУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Саутін О. Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: saualex2796@gmail.com

Розглядається вплив інструментальної кореляції двох вхідних величин, які пов'язані між собою, в невизначеність результату перетворення при наявності адитивної і мультиплікативної складових реальної характеристики перетворення вимірювального каналу. В якості базового функціонального перетворення застосовується додавання. Аналізується вплив співвідношення між вхідними величинами на додаткову складову невизначеності функціонального перетворення.

Невизначеність отриманого результату впливає на точність експериментальних процедур, які отримують шляхом проведення обчислювальних операцій над наявними результатами вимірювань [1]. Наявність стохастичного зв'язку між вхідними величинами, які є результатами вимірювань характеристик об'єкту, істотно впливає на сумарну стандартну невизначеність.

Для детальної оцінки впливу реальної характеристики вимірювального каналу на результат вимірювання необхідно провести детальний аналіз переходу від модельного рівняння до рівняння вимірювання, оцінити сумарну стандартну невизначеність отриманого результату з урахуванням інструментальної кореляції. При дослідженні складних об'єктів, для отримання інформації про параметри необхідно проводити комплексні вимірювання, а значення вимірюваної величини, що оцінюється, отримувати розрахунковим шляхом на основі відомої функціональної залежності (модельного рівняння) між нею і величинами.

Проведення на основі модельного рівняння математичних операцій з метою

визначення необхідного параметру виявляє та доводить наявність інструментальної кореляції. Це обумовлено тим, що кожен з отриманих результатів містить загальну складову, обумовлену неточністю вимірювання.

Розглянемо невизначеність знаходження параметру, який обчислюється з використанням найпростіших арифметичних операцій над результатами вимірювань, зокрема додавання. Модельне рівняння для цього випадку має вигляд

$$y = ax_1 + bx_2, \quad (1)$$

де x_1, x_2 - фізичні величини, які характеризують об'єкт дослідження.

a і b – коефіцієнти, які можуть приймати будь-які значення, відмінні від нуля.

Для аналізу невизначеності отриманого результату будемо виходити з рівняння вимірювання [2]:

$$(y + \Delta y) = a(x_1 + \Delta) + b(x_2 + \Delta) \quad (2)$$

$$\Delta y = \Delta(a + b), \quad (3)$$

Δy – зміна результату, що зумовлена наявністю зсуву характеристики, а невизначеність вимірювань знайдемо із формули:

$$u_b(y) = [u_b^2(\Delta)(a + b)^2]^{1/2}. \quad (4)$$

Саме наявність зміщення характеристики вимірювального каналу призводить до збільшення невизначеності на величину «інструментальної коваріації» q , яка вказує на стохастичний зв'язок між вхідними величинами. Для процедури додавання маємо вираз для невизначеності отриманого результату, що враховує наявність стохастичного зв'язку.

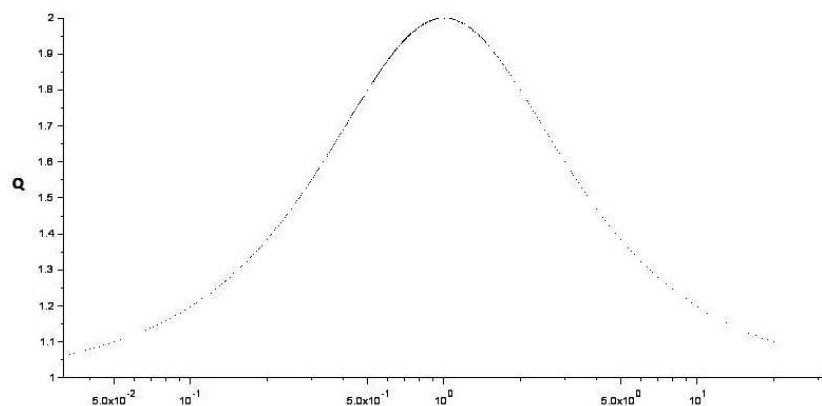
$$[(a^2 + b^2)u^2(\Delta) + 2abu^2(\Delta)]^{1/2}. \quad (5)$$

Для різних можливих варіантів значень коефіцієнтів a і b застосовуємо отриману формулу для невизначеності:

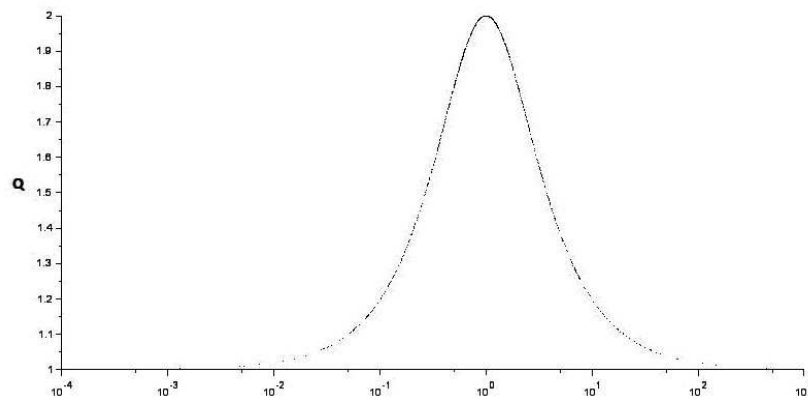
$$q = (a^2 + b^2 + 2ab)/(a^2 + b^2). \quad (6)$$

Таким чином, при однакових вхідних величинах отримали наступні результати:

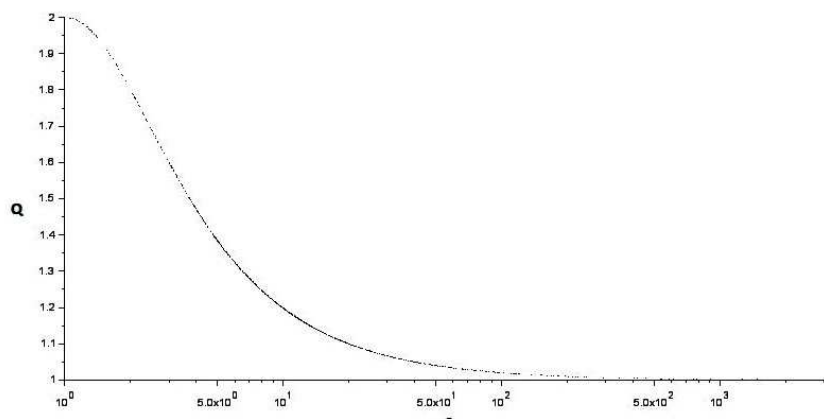
-для $a < 1, b < 1$



-для $a > 1, b > 1$



-для $a > 1$, $b < 1$



Проаналізувавши отримані графіки можемо зауважити той факт, що при будь-яких співвідношеннях між a і b (крім $a = b$) і наявності інструментальної кореляції невизначеність результату буде менше, ніж без неї.

Отже, можемо сказати, що при виконанні операції додавання наявність стохастичного зв'язку завжди призводить до збільшення невизначеності результату та чим більша різниця у вхідних величинах, тим менше позитивний ефект від інструментальної кореляції. Проведений аналіз вказує на те, що цілком варто інакше поглянути на деякі експериментальні процедури з використанням статистичної обробки даних.

Отримали аналітичний вираз для невизначеності результату, що виникає внаслідок наявності стохастичного зв'язку між вхідними величинами при виконанні операцій та оцінили ефект від інструментальної кореляції.

Розуміння цього факту дає нам можливість оцінити вплив реальної характеристики вимірювального каналу на результат вимірювання, провести детальний аналіз переходу від модельного рівняння до рівняння вимірювання, оцінити сумарну стандартну невизначеність отриманого результату з урахуванням інструментальної кореляції.

Ключові слова: вимірювальний канал, реальна характеристика, невизначеність вимірювання, функціональне перетворення, інструментальна кореляційна складова.

Література

- [1] JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections Evaluation of measurement data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement / Bureau International des Poids et Mesures, France. [Online]. Available: https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf
- [2] Є. Володарський, М. Добролюбова, Л. Кошева, “Інформаційно-вимірювальні системи та невизначеність”, *Український метрологічний журнал*, №3А, 2020, с. 30-34. WOS:000604400000005
- [3] Warsza, Z. L., Puchalski, J.: Estimation of vector uncertainties of multivariable indirect instrumental measurement systems on the star circuit example. XXII World Congress IMEKO 2018 Belfast. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1065 (2018) 052026, doi:10.1088/1742-6596/1065/5/052026.

УДК 681.5.08

МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Романів В. М., Зубков П. С.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, Україна,

E-mail: vasyl484@ukr.net

Під час роботи котельних агрегатів в атмосферу у результаті спалювання палива потрапляють такі шкідливі викиди, як: продукти повного спалювання CO₂, неповного спалювання CO, окисли азоту NO₂, NO, окисли сірки SO₂, SO₃ [1].

За складом димових газів можна визначати оптимальний режим роботи котлоагрегатів із досягненням максимального коефіцієнта корисної дії (ККД) та мінімізувати викиди шкідливих речовин.

Запропоновано підхід, який реалізується на основі статистичних даних, отриманих попередньо на основі експериментальних досліджень конкретного котельного агрегата з використанням певного виду палива. Формується інформаційна структура даних впорядкованих за зростанням параметра CO₂ (таблиця 1).

Таблиця 1. Структура масиву даних для отримання наближених значень концентрацій шкідливих речовин димових газів

<i>№</i>	$C_{CO_2}^{Tab}$	C_{CO}^{Tab}	$C_{NO_2}^{Tab}$	$C_{SO_2}^{Tab}$
1	8,04	1,12	0,052	0,01
2	8,09	1,13	0,054	0,01
...
N	10,64	1,96	0,1	0,09