

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВБУДОВАНОЇ АНАЛІЗУЮЧОЇ СИСТЕМИ

© Марікуца У., 2007

Описано математичне забезпечення та програмну реалізацію імітаційної моделі для визначення метрологічних характеристик вбудованої аналізуючої системи.

In this paper mathematical support and program realization of simulation model for embedded system is developed.

Актуальність

XXI століття характеризується великими потоками міграції людей, переміщенням товарів, матеріалів, сировини тощо. Перед більшістю розвинутих держав світу постали такі суперечливі проблеми, як мінімальні затрати часу при контролі великих пасажиро-потоків і максимальна ефективність та достовірність виявлення заборонених речовин. Такі вимоги вимушують розробляти нові підходи для вирішення окресленої проблеми. Очевидно, що без розроблення нових автоматизованих методів контролю тут не обійтися. Розроблення реальних вбудованих аналізуючих систем і проведення натурних експериментів є надто дорогими і довготривалими процесами. Тому перед розробленням реальної вбудованої аналізуючої системи доцільно розробити її імітаційну модель, яка дасть змогу шляхом перебору різних вхідних даних і набору статистичної інформації отримати оптимальні метрологічні характеристики такої системи, перевірити ефективність алгоритмів обробки вимірювальної інформації.

Математичне забезпечення імітаційної моделі

Оскільки вбудована аналізуюча система (ВАС) повинна працювати в складних дестабілізуючих умовах, то навіть маючи реальну ВАС, важко перевірити достовірність її роботи. Щоб переконатися, що ця ВАС працюватиме за будь-яких умов, потрібно штучно створити кількісну панорамну картину дестабілізуючих факторів на час експерименту. Тобто потрібно перевірити роботу системи у всіх можливих співвідношеннях параметрів, які негативно впливають на її якісні характеристики. Для цього необхідно провести вимірювання й обробку результатів експериментів, кількість яких має сягати сотень тисяч.

Особливості побудови механічної складової вбудованої аналізуючої системи розглянуто в [1, 2]. Нижче розглянемо особливості вимірювальної системи, алгоритмів обробки інформації і можливих похибок, які виникатимуть в процесі роботи вбудованої аналізуючої системи. Сам процес перетворення аналогової інформації в цифрову розглядається в [5, 6]. Тому особливу увагу доцільно приділити алгоритмам обробки результатів. У [3, 4] наведено циклограму роботи вбудованої аналізуючої системи.

Для перевірки роботи ВАС використаємо метод математичного моделювання, який дає змогу перевірити роботу системи у всіх можливих співвідношеннях дестабілізуючих факторів. Для цього створимо моделі сигналів обидвох вимірювальних приладів A_1 та A_0 відповідно та моделі похибок вимірювальних приладів.

Якщо застосувати такі позначення: i, j – номери давачів та відповідних їм вимірювальних пристроїв (1,2); ax_{ij} – значення величини, яке фіксується i -м давачем та вимірюється j -м вимірювальним пристроєм у зоні наявності контрольованої речовини; ao_{ij} – значення величини, яке фіксується i -м давачем та вимірюється j -м вимірювальним пристроєм в зоні відсутності

контрольованої речовини; K_{a1} (K_{a2}) – коефіцієнт передачі (чутливість) давача 1 (давача2); де A_{xi} – покази, які отримуємо в зоні наявності контрольованої речовини (КР), зафіксовані i -м давачем; A_{0j} – покази, які отримуємо в зоні відсутності контрольованої речовини (КР), зафіксовані j -м давачем .

$$A_{x1} = a_{x11} \cdot K_{a1};$$

$$A_{01} = a_{022} \cdot K_{a2}.$$

Допускаємо, що $ВП_i$ має такі похибки (в абсолютних одиницях): δ_0 – похибка зміщення “нуля” (адитивна похибка); $\delta_k = \frac{\Delta K_{bi}}{K_{bi}} \cdot A_i$ – похибка крутизни (мультиплікативна похибка); δ_m – випадкова похибка.

Розглянемо порядок обробки результатів вимірювань. Результат вимірювань можна записати у загальному вигляді:

$$N_i = K_{bi} \cdot A_i \pm \Delta_0 \pm \delta_k \pm \delta_m.$$

Припустімо, що параметри $ВП_i$ протягом циклу вимірювання, який може тривати від секунд до декількох десятків секунд, істотно не змінюватимуться (крім δ_m).

Розглянемо алгоритм обробки результатів вимірювання процесором. Після виконання другого такту вимірювання отримуємо такі результати: A_{x1} , A_{02} , A_{x2} , A_{01} .

Згідно з циклограмою [3] вбудована аналізуюча система виконує одночасно чотири парні вимірювання і обробляє результати після кожного парного вимірювання і після завершення повного циклу.

Для кожного такту вимірювання обчислюємо такі проміжні результати:

$$N_1 = A_x \cdot K_{a1} \pm \Delta_{01} \pm \delta_{k1} \pm \delta_{m1} - A_0 \cdot K_{a2} \pm \Delta_{02} \pm \delta_{k2} \pm \delta_{m2}; - \text{після першого такту};$$

$$N_2 = A_0 \cdot K_{a1} \pm \Delta_{01} \pm \delta_{k1} \pm \delta_{m1} - A_x \cdot K_{a2} \pm \Delta_{02} \pm \delta_{k2} \pm \delta_{m2}; - \text{після другого такту};$$

$$N_3 = A_x \cdot K_{a1} \pm \Delta_{02} \pm \delta_{k2} \pm \delta_{m2} - A_0 \cdot K_{a2} \pm \Delta_{01} \pm \delta_{k1} \pm \delta_{m1}; - \text{після третього такту};$$

$$N_4 = A_0 \cdot K_{a1} \pm \Delta_{02} \pm \delta_{k2} \pm \delta_{m2} - A_x \cdot K_{a2} \pm \Delta_{01} \pm \delta_{k1} \pm \delta_{m1}; - \text{після четвертого такту};$$

Для всіх значень N_i , в їх складі є власні мультиплікативні похибки і випадкові похибки δ_m .

Випадкова похибка при осередненні зменшується в \sqrt{n} разів, де n – кількість осереднених результатів [4]. За результатами повного циклу вимірювань будемо результативне співвідношення даних.

$$N_{cp} = \frac{\sum_{xi}^n N_{xi}}{n}$$

де n – кількість циклів вимірювань.

Випадкова похибка для обидвох вимірювальних пристроїв змінюватиметься за нормальним законом розподілу. Для кожної моделі сигналу задається своя амплітуда та період, який буде простим числом і відрізнятиметься для кожного сигналу. Такі значення періодів забезпечують всі комбінації можливих амплітуд дестабілізуючих факторів протягом часу, що дорівнює добутку періодів моделювання сигналів.

Загальний період моделювання всіх можливих співвідношень дестабілізуючих факторів обчислюють так:

$$T_z = \prod_{n=1}^8 T_n,$$

де T_n – період окремого параметра.

У цьому випадку $T_z = 1\ 940\ 907\ 969$. Такий період під час моделювання забезпечить перебір всіх можливих значень сигналів. У реальних умовах вимірювань неможливо забезпечити перебір всіх можливих значень вхідних сигналів із врахуванням різних дестабілізуючих факторів. А використовуючи програмні засоби при такті вимірювань, наприклад, 50 мс ми змоделюємо 38 818 159 експериментів, що забезпечить нам перевірку достовірності роботи моделі.

У результаті ми отримаємо графічне зображення імітованих моделей сигналів вихідних даних вбудованої аналізуючої системи, які можна переглянути за весь період T_z .

Алгоритми опрацювання результатів

Для зменшення кількості можливих неоднозначних ситуацій і для уточнення результатів розроблено три алгоритми обробки результатів. Таких алгоритмів за необхідності можна розробити і більше.

За першим алгоритмом вибирається п'ять послідовних значень N_{cp} , серед яких шукають максимальне та мінімальне значення. Ці два значення відкидаються, а ті інші, що залишились, усереднюються. Такі обчислення проводяться за весь період обчислень, і за усередненими значеннями оцінюється наявність контрольованої речовини.

За другим алгоритмом вибираються п'ять послідовних значень N_{cp} . Серед них шукають середнє значення шляхом відкидання двох максимальних і двох мінімальних значень. За цим середнім значенням будується результуюче співвідношення.

За третім алгоритмом вибирається п'ять послідовних значень N_{cp} і обчислюється їхнє середнє арифметичне значення $N_p = \sum_{n=1}^5 N_{cp} / 5$. Провівши такі обчислення за весь період проведення експерименту, оцінюють результати.

Програмна реалізація імітаційної моделі

Багатовіконний інтерфейс імітаційної моделі реалізовано в середвищі .NET. Задаючи початкові значення вхідних сигналів та значення похибок, якими моделюються похибки роботи давачів та дестабілізуючі фактори навколишнього середовища, отримуємо візуалізацію проміжних і остаточних результатів. Свідомо задаючи такі значення вхідних параметрів, які імітують наявність чи відсутність шуканої речовини, похибки вимірювальних пристроїв та проводячи відповідні обчислення, вибираємо оптимальні критерії для виявлення шуканих речовин в середовищі.

Результати модельного експерименту показано на рис. 1–3.

| Параметр | Опис | Z (Зміщення) | A (Амплітуда) | t (Період) |
|----------|------------------------|--------------|---------------|------------|
| Ax | Наявність речовини | 0,2 | 0,1 | 13 |
| A0 | Відсутність речовини | 0 | 0,1 | 11 |
| Ka1 | Коефіцієнт 1-го давача | 1 | 0,15 | 23 |
| Ka2 | Коефіцієнт 2-го давача | 1 | 0,15 | 29 |
| D01 | Похибка зміщення ВП1 | 0 | 0,1 | 9 |
| D02 | Похибка зміщення ВП2 | 0 | 0,1 | 7 |
| dK1 | Похибка крутизни ВП1 | 1 | 0,1 | 19 |
| dK2 | Похибка крутизни ВП2 | 1 | 0,1 | 17 |
| dN1 | Випадкова похибка ВП1 | 0 | 0,1 | 0 |
| dN2 | Випадкова похибка ВП2 | 0 | 0,1 | 0 |

Рис. 1. Приклад задання вхідних даних імітаційної моделі

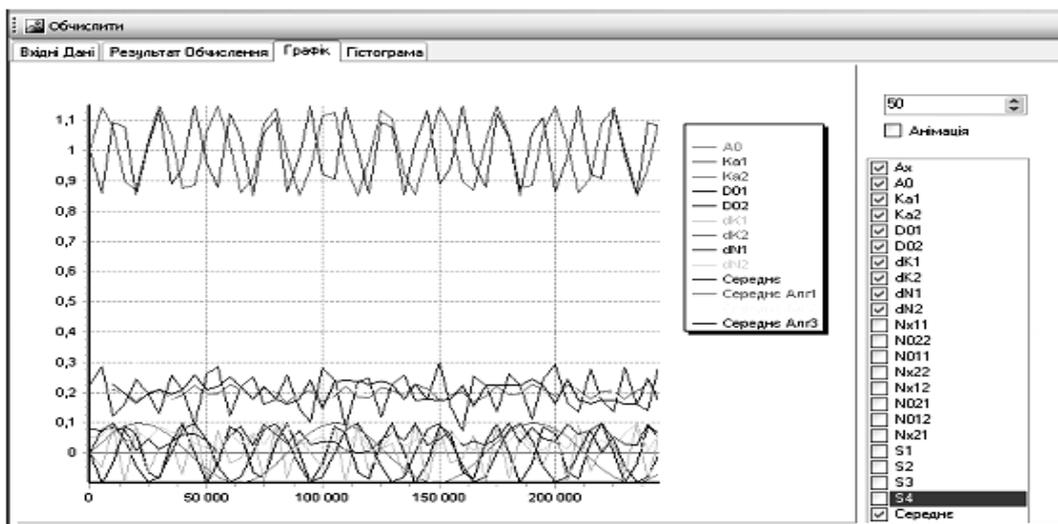


Рис. 2. Приклад роботи моделі сигналів вхідних даних вбудованої аналізуючої системи

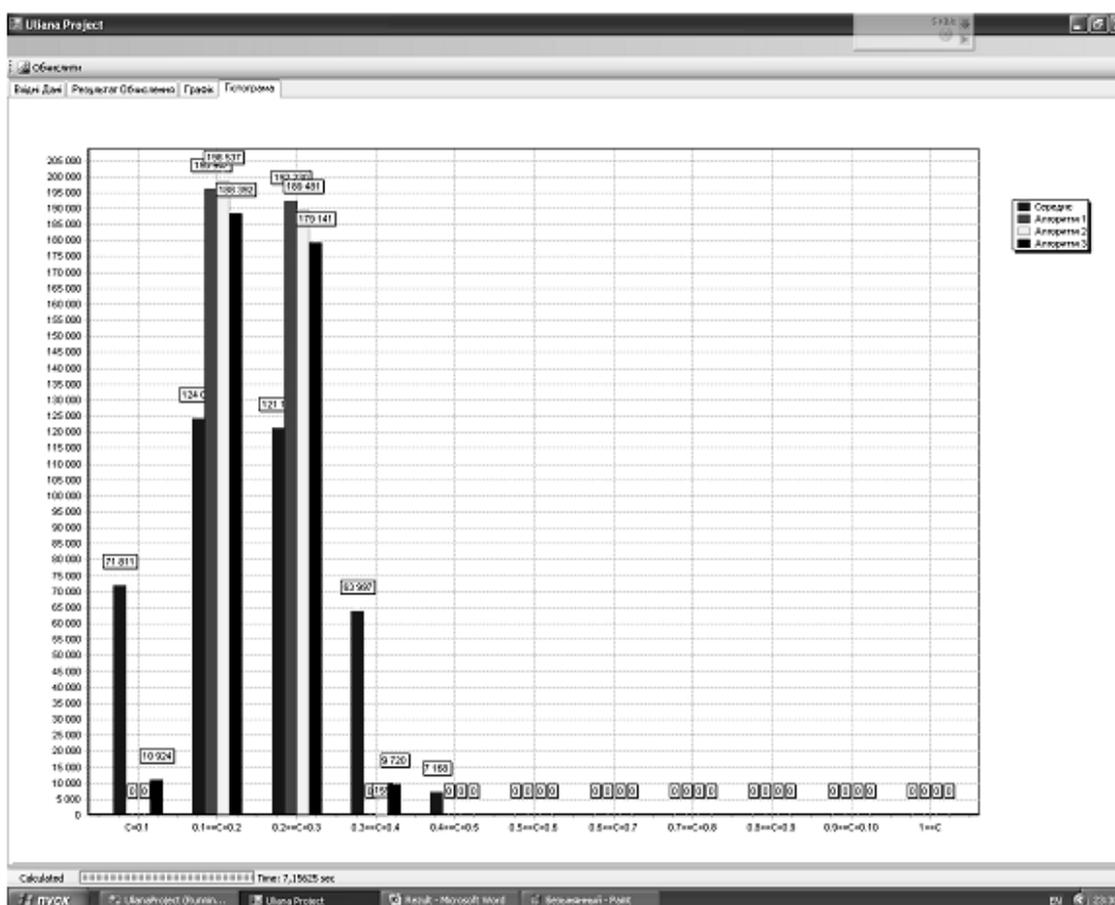


Рис. 3. Результати есперименту

Опрацювавши отримані проміжні результати і вибравши критерій оцінювання, можна оцінити наявність контрольованої речовини. Система дає змогу отримати оцінку в трьох форматах:

- речовина однозначно наявна;
- речовина однозначно відсутня;
- неоднозначна ситуація.

Використанням розроблених алгоритмів оптимізації результату можна зменшити вірогідність виникнення неоднозначної ситуації.

Висновок

Запропонована імітаційна модель перевірки метрологічних характеристик вбудованої аналізуючої системи дає змогу перевірити алгоритми роботи такої системи та вибрати оптимальні критерії оцінки наявності шуканої речовини. Щоб оцінити різні алгоритми обробки вхідних даних за весь період проведення експерименту, витрачається 40 хвилин машинного часу. За цей період імітується проведення понад 1 000 000 реальних експериментів і аналізуються всі можливі комбінації вхідних сигналів, похибок, зміни параметрів як самого приладу, так і навколишнього середовища. Якщо б провести таку кількість експериментів в реальних умовах, то це зайняло б приблизно 6 років реального часу, і фізично було б неможливо забезпечити потрібні умови проведення експериментів. І лише така імітаційна модель дає змогу всебічно і повноцінно перевірити роботу досліджуваної вбудованої аналізуючої системи.

1. Лобур М.В., Марікуца У.Б. *Application Of The Embedded Analysing Systems For The Detection Of Dangerous Substances* // *Матеріали II Міжнар. конф. молодих вчених MEMSTECH 2006, "Перспективні технології і методи проектування МЕМС"*. Львів–Поляна, Україна, 23–25 травня 2006. 2. Іванців Р.-А. Д., Марікуца У.Б. *Побудова вбудованої системи аналізу складу навколишнього середовища* // *Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка"*. – 2006. – № 564. – С. 26–30. 3. *Development of Embedded System for Mixture Analysis of Environment*, Roman-Andriy Ivantsiv, Uliana Marikutsa // *Матеріали XIV укр.-пол. наук.-техн. конф. "CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Problems" CADMD'2006*. – Poliana, Ukraine, 22–23 May, 2006. – С. 62–65. 4. Іванців Р.Д., Марікуца У.Б. *Цифровий метод вимірювання зсуву фаз* // *Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка"*. – 2005. – № 548. – С. 77–82. 5. Орнатский П.П. *Автоматические измерения и приборы*. – К.: Вища шк., 1986. – 504 с. 6. Маликов М.Ф. *Основы метрологии*. – М., 1949. – Ч. 1.