

УДК 681.518.3

Н.В. Глухова, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»)

**ВІРТУАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ
МЕТОДОМ ПОЕЛЕМЕНТНОЇ ПЕРЕВІРКИ**

Актуальність проблеми. Однією з найважливіших метрологічних характеристик будь-якого засобу вимірювальної техніки є клас точності. Він відображує максимально припустиму інструментальну похибку вимірювального приладу або перетворювача. Останнім часом у зв'язку з широким застосуванням комп'ютерної техніки для вирішення задач збору даних, технічне устаткування для вимірювань не обмежується набором приладів та перетворювачів, а включає також пристрій для накопичення, аналізу, обробки та подання вимірювальної інформації – персональний комп'ютер.

Таким чином, з'являється необхідність у переході від застосування окремих засобів вимірювань до побудови вимірювальних каналів, які забезпечують можливість уводу вимірювальної інформації у комп'ютер. А це потребує оцінки метрологічних характеристик (у тому числі класу точності) для складного засобу вимірювань – вимірювального каналу.

Постановка задачі. Якщо при вимірюванні використовуються окремі прилади та перетворювачі, то результат вимірювань записується з оцінкою похибки на основі відомого класу точності відповідного засобу вимірювань. У тому випадку, коли виконаний перехід від окремих приладів та перетворювачів до їх поєднання у вимірювальний канал, то виникає необхідність оцінки метрологічних характеристик каналу в цілому.

Основна частина. Державними стандартами передбачено декілька способів оцінки метрологічних характеристик (МХ) вимірювальних каналів (ВК) [1, 2]. Способи оцінки можна класифікувати так:

1. Розрахункові – оцінка МХ ВК за відомими МХ агрегатних засобів вимірювань, з яких складається структура каналу.
2. Експериментальні (для реалізації використовуються методи зразкової міри або зразкового приладу):
 - спосіб комплектної перевірки ВК;
 - спосіб поелементної перевірки.

Розрахункові методи, що базуються на використанні номінальних МХ з паспортних даних компонентів каналу, вважаються занадто наближеними. Тому застосовуються вони, як правило, тільки на стадії проектування ВК. Окрім того, розрахункові методи потребують великої кількості апріорної інформації, яка у більшості випадків зовсім не вказана у технічних характеристиках засобів вимірювань. Це не тільки необхідність відокремлення адитивної та мультиплікативної складових у виразі для основної похибки, але й оцінка систематичної та випадкової складових, і навіть інформація про закон розподілу випадкової похибки засобу вимірювань.

Експериментальне дослідження МХ ВК вважається більш точним у разі порівняння з розрахунковим, але також має суттєві недоліки, які у певних випадках призводять до неможливості їх практичного застосування у виробничих умовах. До таких недоліків можна віднести необхідність наявності: зразкових багатозначних мір; високоточних зразкових приладів, технічні характеристики яких дозволяють використовувати їх у виробничих умовах у разі присутності шкідливих факторів та перешкод; можливості забезпечення тимчасового відключення технологічного обладнання від контурів збору інформації або контурів автоматичного управління з каналами збору інформації.

Для того, щоб проаналізувати всі зазначені вище складнощі реалізації експериментального дослідження МХ ВК, розглянемо віртуальний лабораторний стенд для дослідження метрологічних характеристик вимірювального каналу методом поелементної перевірки.

Поелементна експериментальна перевірка передбачає встановлення МХ окремих засобів вимірювань, які входять до складу ВК, методами зразкової міри або зразкового приладу. У статті розглядається останній варіант.

За наявності апріорної інформації про МХ окремих агрегатних засобів вимірювань поелементна перевірка може здійснюватися не для усіх компонентів ВК, а тільки для окремих (відповідність характеристик яких заявленим виробником класам точності викликає сумніви для конкретних умов експлуатації).

За типову модель ВК, який підлягає метрологічній перевірці на віртуальному стенді, вибрано канал для вимірювання температури. Відомо, що межі, в яких може коливатися температура за умов нормального функціонування технологічного обладнання, становлять від 600 до 1100⁰С. За первинний вимірювальний перетворювач вибираємо термопару ТХА(К). Її номінальна статична характеристика може бути побудована на основі роботи [3].

Згідно з вимогами нормативних документів [1] при розрахунку МХ ВК у статичному режимі допускається представляти номінальні статичні характеристики компонентів каналу у вигляді лінійної залежності від вхідного сигналу перетворювача, тобто для *i*-го перетворювача правомірно записати, що

$$f_{Hi}(x) = A_i x + a_i,$$

де a_i – адитивна складова номінального перетворення компонента; A_i – мульт-

типлікативна складова. Таким чином, номінальні статичні характеристики перетворювачів приймаються лінійними і можуть бути апроксимовані за методом лінійної регресії. Для термопари ТХА(К) побудова лінійної залежності за табличними даними роботи [3] призводить до отримання рівняння $E = 0,040412T + 0,6548$. Відомо, що реальна статична характеристика термопари відхиляється від лінійної, але у межах робочого діапазону температур похибка апроксимації не перевищує 0,08%. Для введення вимірювальної інформації у комп'ютер у складі ВК також використовуються:

- кондиціонер сигналу з уніфікованим токовим виходом 4–20 мА;
- груповий нормалізуючий пристрій;
- модуль нормалізації;
- безконтактний модуль комутації;
- аналого-цифровий перетворювач;
- блок аналізу та подання інформації (ПК).

Віртуальний лабораторний стенд для поелементної перевірки ВК з вказаною структурою наведений на рис. 1.

Блок керування технологічним процесом дозволяє регулювати рівень речовини у резервуарі та ступінь нагріву. Блоки «ТХА», «Нормалізатор», «Груповий нормалізуючий пристрій», «Модуль нормалізації», «Модуль комутації безконтактний», «Аналого-цифровий перетворювач» являють собою програмні моделі засобів вимірювань. Для кожного з них розраховані лінійні номінальні статичні характеристики. Окрім того, для кожного з перевіряємих компонентів ВК створено різні програмні моделі інструментальної похибки, кожна з яких має:

- регулярну систематичну частину (з адитивної та мультиплікативної складових);
- випадкову складову похибки (для різних компонентів з різним законом розподілу: рівномірним, трикутним або нормальним).

Для виконання віртуальної перевірки ВК необхідно завантажити програмну модель лабораторного стенда; увімкнути блок керування технологічним процесом, натиснувши кнопку «ВКЛ»; вмиканням тумблера «ініціалізація системи» активується тестування технологічного обладнання та завантаження програмного забезпечення. Після ініціалізації віртуальний лабораторний стенд готовий для перевірки.

Шляхом регулювання ступеня нагріву у користувача є можливість дослідження різних точок шкали вимірювання температури. Для реалізації поелементної перевірки ВК використовуються віртуальні моделі високоточного цифрового приладу для вимірювання температури, мілівольметра з діапазонами вимірювань 0–50 та 0–100 мВ і класом точності 0,01; міліамперметра з діапазонами вимірювань 0–20 та 0–50 мА і класом точності 0,01; вольтметра з діапазоном вимірювань 0–10 або 0–30 В та класом точності 0,01. Наведені прилади служать лише для візуального спостереження за зміною сигналів на входах та виходах компонентів ВК. Експериментальні дані багатократних вимірювань, на основі яких відбувається розрахунок МХ перетворювачів, у цифровому вигляді записуються у файл, який потім можна відкривати у електронній таблиці Microsoft Excel, або пакетах MathCAD, MatLab для виконання розрахунків.

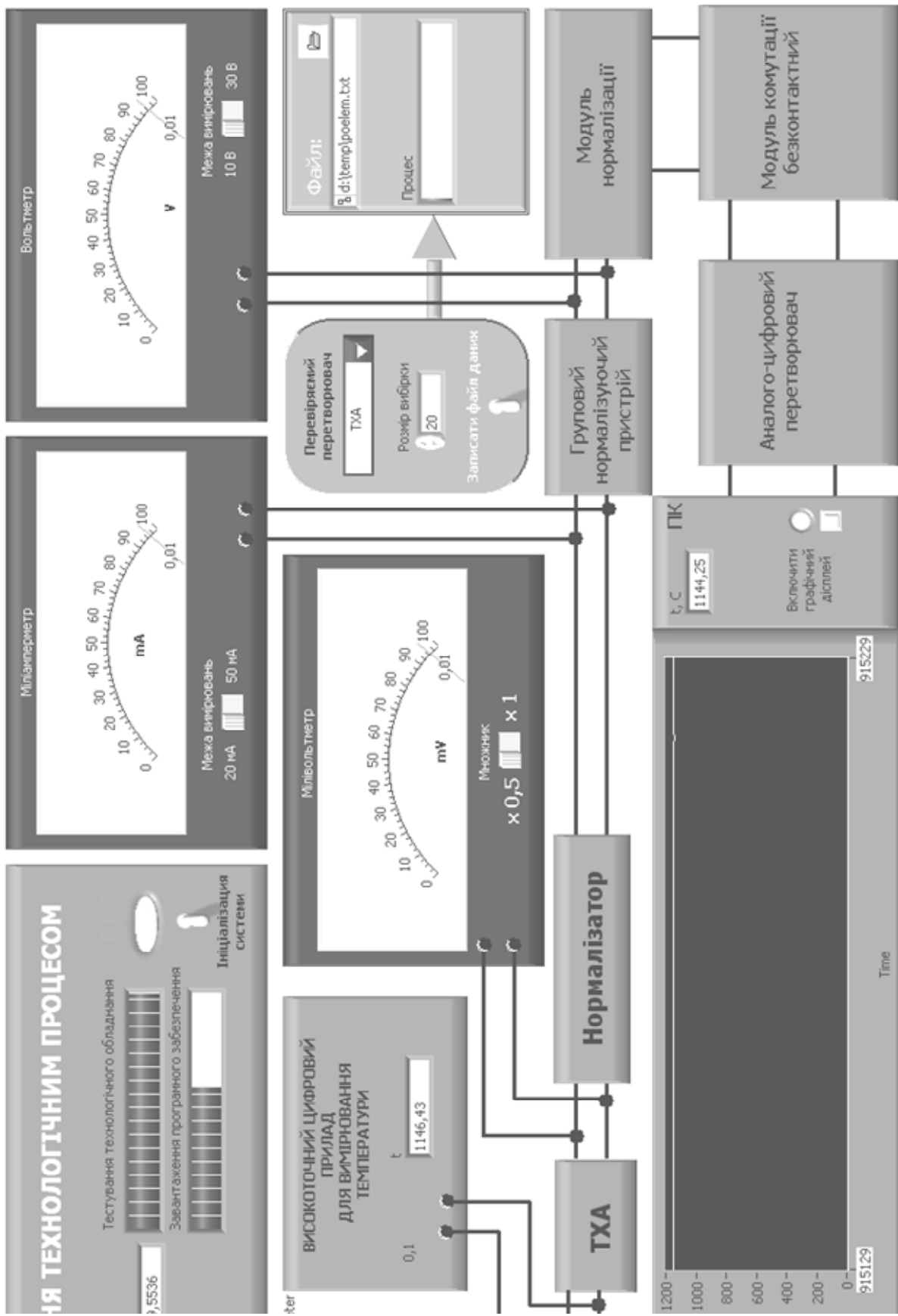


Рис. 1. Віртуальний лабораторний стенд для послеметної перевірки ВК

Перед перевіркою користувач повинен встановити кількість точок діапазону вимірювань, у яких буде виконуватися перевірка, а також кількість багатократних спостережень у кожній точці діапазону.

Визначивши параметри, необхідно встановити потрібну ступінь нагріву. Далі, для створення файлу з результатами багатократних спостережень обирається перетворювач, для якого зберігаються дані перевірки; вказується обсяг вибірки; наводиться коректний шлях до файлу даних та натискається тумблер «Записати файл даних».

Результати обробки експериментальних даних можуть бути подані, наприклад, у вигляді таблиці

Результати перевірки термопари ТХА

Експериментальне значення ЕРС, мВ	45,043	45,135	45,472	45,464	45,438	45,377	45,386	45,46	44,909	45,443
Значення ЕРС за номінальною статичною характеристикою, мВ	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Абсолютна похибка, мВ	0,043	0,135	0,472	0,464	0,438	0,377	0,386	0,46	-0,091	0,443
Відносна похибка, %	0,095556	0,300000	1,048889	1,031111	0,973333	0,837778	0,857778	1,022222	-0,20222	0,984444

А так як вони відповідають перевірці термопари на максимальній межі вимірювань, то відносна похибка співпадає зі зведеною. Результати перевірки дозволяють зробити висновок, що термоелектричному перетворювачу може бути присвоєний клас точності 1.

Висновки. Описаний віртуальний лабораторний стенд дозволяє виконувати поелементну перевірку ВК з метою встановлення МХ каналу. Стенд використовує програмні моделі МХ компонентів каналу, що відтворюють реальні властивості засобів вимірювань, яким притаманні адитивна та мультиплікативна складові основної інструментальної похибки, а також враховує вплив випадкових похибок із різними типовими законами розподілу. Віртуальний лабораторний стенд може бути запропонований для впровадження у навчальний процес при виконанні дослідницьких лабораторних робіт з дисциплін «Інформаційно-вимірювальні системи» та «Віртуальні вимірювальні прилади» студентам, які навчаються в магістратурі. Стенд також може бути корисним для науковців та інженерів при розгляді задач оцінки точності технічних вимірювань та встановлення МХ засобів вимірювань шляхом експериментальної поелементної перевірки.

Список літератури

1. МИ 222-80. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 28 с.
2. РД 153-34.0-11.201-97. Методика определения обобщенных метрологических характеристик измерительных каналов ИИС и АСУ ТП по метрологическим характеристикам агрегатных средств измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 11 с.
3. ГОСТ 3044-84. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 83 с.

Рекомендовано до друку: доцентом Тарасенко В.Г.