

1. Дорош А.К. Структура конденсированных систем. Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1981. 176 с.
2. Дутчак Я.И. Рентгенография жидких металлов. Львов: Вища школа, 1977. 163 с.
3. Физико-химические методы исследования металлургических процессов: Учебник для вузов. / Арсентьев П.П., Яковлев В.В., Крашенников М.Г. и др. М.: Металлургия, 1988. 511с.

УДК 681.325

## АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕТРОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Валерій Дудикевич, Михайло Паламар\*, 2000

Державний університет "Львівська політехніка", кафедра "Автоматика і телемеханіка",  
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна,

\*Тернопільській державний технічний університет ім. І. Пулюя, вул. Руська, 56, Тернопіль, Україна

*У статті розглядається структура і метрологічні характеристики блока для автоматизації метрологічної атестації комп'ютерної вимірювальної системи. Показані результати метрологічного дослідження КІВС за запропонованим алгоритмом.*

*В статье рассматривается структура и метрологические характеристики блока для автоматизации метрологической аттестации компьютерной измерительной системы. Показаны результаты метрологического исследования КИИС за предложенным алгоритмом.*

*In this paper present device structure and measuring performance block to automation validation computing measuring system. Show the results of measuring research CIMS to clause algorithm.*

Комп'ютерна вимірювальна система є багатомодульним технічним комплексом, в якому відбувається перетворення аналогових і цифрових сигналів в багатьох ланках і який використовується в складних динамічних умовах вимірювання. Високий рівень точності апаратури, забезпечення єдності вимірювань з нормованою похибкою може бути досягнутим при наявності ефективного метрологічного забезпечення. Метрологічне забезпечення КІВС містить комплекс технічних засобів (розробку методики метрологічної атестації, вибір або створення необхідних зразкових засобів для перевірки) та нормативних документів, що визначають оптимальність технічних рішень та правил використання апаратних засобів згідно з певними метрологічними критеріями як на етапах створення, так і експлуатації КІВС [1].

Загалом процедура перевірки є досить трудомісткою через необхідність виконання великої кількості монотонних операцій, обчислення і аналіз великої кількості значень, тому актуальним є питання автоматизації атестації, контролю і визначення похибок як досить трудомістких процедур. Наяв-

ність комп'ютера в КІВС дає можливість автоматизувати перевірку, використовуючи його як пристрій керування цим процесом, обчислення значень різних видів похибок, статистичної обробки похибок, видачі результатів у зручній формі (графіки характеристик, гістограми), автоматизованого створення і роздруковування метрологічного протоколу атестації.

Існують три підходи для визначення похибок вимірювальних систем [2]: аналітичний, імітаційне моделювання і експериментальний, кожен з яких ґрунтується на використанні співвідношень, одержаних при дослідженні складових похибок і сумарної, за допомогою опису вимірювальних процедур відповідними операторами.

Проте найповніше визначення сумарної похибки, включаючи інструментальну складову, можна одержати внаслідок проведення метрологічного експерименту [3].

Для експериментального методу необхідні зразкові засоби, метрологічні характеристики якого наперед відомі і точність яких суттєво перевищує оцінювану похибку. Методи перевірки вимірювальної

системи можна звести до двох основних варіантів схем: з використанням зразкового вимірювача і зразкової міри.

1. Згідно з першим методом, проводиться безпосереднє порівняння показів зразкового вимірю-

вального приладу з показами приладу, що повіряється при вимірюванні однієї і тієї ж величини. При цьому похибка контрольованого приладу дорівнює різниці показів приладів. Структурна схема згідно з цим методом зображена на рис. 1.



Рис. 1. Схема повірки з використанням зразкового засобу вимірювання

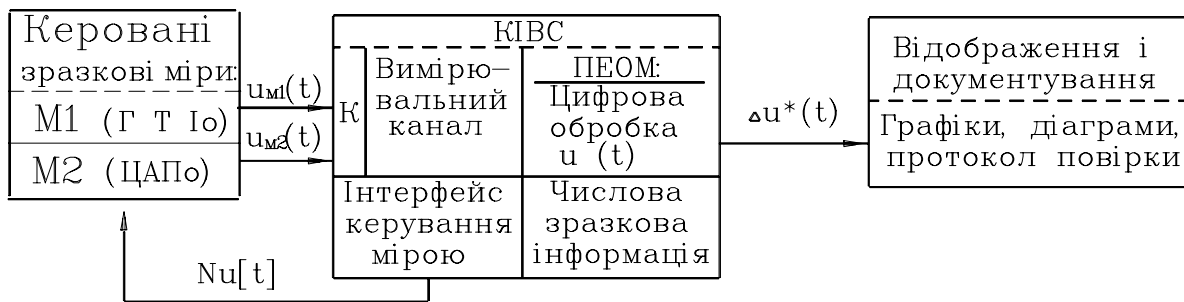


Рис. 2. Схема повірки з використанням зразкової керованої міри

Другий метод передбачає використання зразкової керованої міри, значно точнішої, ніж прилад, що повіряється. Структурна схема повірки відповідно до цього методу зображена на рис.2.

Вихідна величина міри, що встановлюється по вхідному коду  $N_x$ , подається на вхід приладу. При цьому похибка приладу дорівнює різниці показу приладу і значення вихідної величини міри  $x_n = N_x q_x$ , де  $q_x$  – коефіцієнт перетворення міри (наприклад, молодший розряд ЦАП).

Варіант із зразковою мірою має ту перевагу, що міра як правило є простішою і придатнішою для автоматизованого дистанційного керування, ніж автоматизоване керування зразковим вимірювачем, який не завжди оснащений відповідним інтер-

фейсом. Таку міру можна встроювати у вимірювальну систему і автоматично проводити самоперевірку, а також корекцію систематичних похибок безпосередньо перед вимірюванням.

Для автоматизації метрологічних процедур КІВС при їх проектуванні пропонується встроювана керована міра дворівневої ієрархічної структури, як показано на рис.2. Зразкова міра на основі ЦАП має ширші функціональні можливості для задання тестових дій, проте вона має більше складових загальної похибки і відповідно більше впливаючих факторів на його точність. Тому, як простішу міру першого рівня, використовуємо генератор прямокутних імпульсів з можливістю переключення 10 діапазонів амплітуди (рис.3).

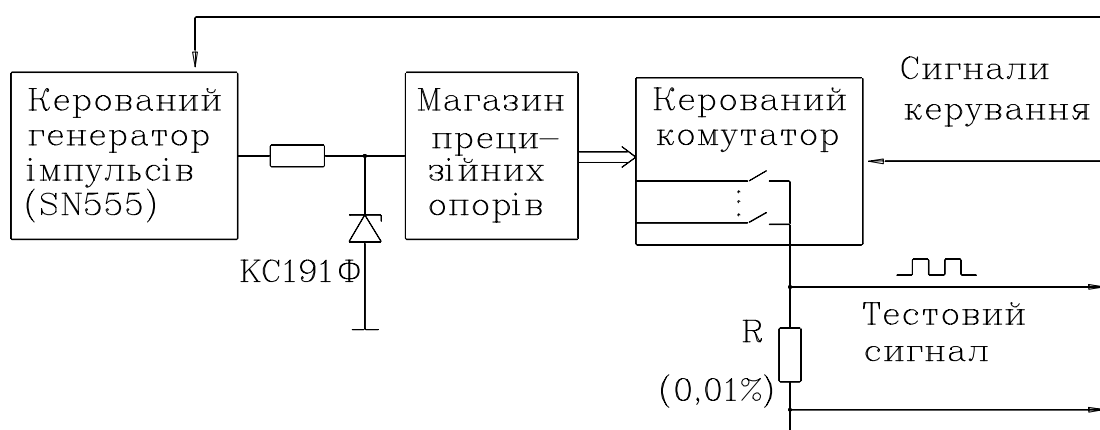


Рис. 3. Зразкова керована міра першого рівня

Початкова напруга імпульсів стабілізована прецизійним стабілітроном типу КС191Ф в якого відносна похибка від впливу температури становить [4]

$$\delta t^{\circ} \leq \pm 0,0005 \% / ^{\circ}\text{C}.$$

Часова нестабільність напруги стабілізації за 2000 год дорівнює:

$$\delta_T \leq \pm 0,02 \%.$$

Сумарна похибка стабілітрона знаходиться в межах

$$\delta_{\text{СТ}} \leq \pm 0,025 \%.$$

З врахуванням похибки прецизійних резисторних дільників загальна похибка напруги імпульсів на виході генератора як первинної міри не перевищує  $\delta_{\text{М1}} \leq \pm 0,05 \%$ , тому такою мірою можна робити атестацію системи до класу точності 0,2. Разом з тим за допомогою цієї ж міри можна контролювати точність і стабільність міри другого рівня на основі ЦАП. Структурна схема для проведення автоматичного контролю вторинної міри за допомогою первинної наведена на рис.4.

Похибка міри на базі ЦАП визначається похибкою квантування і групою інструментальних похибок:

$$\delta_{\text{ЦАП}} = \delta_{\text{кв}} + \delta_L + \delta_{\text{LD}} + \delta_{\text{ofs}}. \quad (1)$$

Для 12-розрядного прецизійного ЦАП (наприклад, типу 594ПА1) граничні значення цих складових становлять [4]:

$\delta_{\text{кв}}$  – похибка квантування =  $\pm 1 / (2 \cdot 2^{12}) = \pm 0,0125\%$ ;

$\delta_L$  – нелінійність ЦАП:  $\delta_L \leq \pm 1$  м.р., що становить  $\pm 0,024 \%$

$\delta_{\text{LD}}$  – диференціальна нелінійність:  $\delta_{\text{LD}} \leq \pm 0,012 \%$

$\delta_{\text{ofs}}$  – похибка від впливу напруги зміщення нуля:  $\delta_{\text{ofs}} \leq \pm 0,0125 \%$ . Для зменшення останньої складової вводиться схемна корекція напруги зміщення вихідного прецизійного підсилювача ЦАП.

Маючи інформацію про граничні значення складових похибки і орієнтуючись на найгірший випадок [3], приймаємо їх розподіл рівномірним. Тому відносне с.к.з. похибки ЦАП становить:

$$\sigma_{\text{М2}} = \sqrt{\frac{\delta_{\text{кв}}^2 + \delta_L^2 + \delta_{\text{LD}}^2 + \delta_{\text{ofs}}^2}{3}}. \quad (2)$$

Результуюча похибка вторинної міри не перевищує 0,25 %.

Керована дворівнева міра такого типу використовується в комп'ютерній вимірювальній системі для дослідження біопотенціалів зорового аналізатора [5]. Деякі результати зняття метрологічних характеристик КІВС за допомогою генератора тестових імпульсів показані на рис.5. Для дослідження адитивної похибки генерувались імпульси амплітудою 1,4 мкВ, 5мкВ і 10 мкВ із статистичним обробленням результатів. Програмне забезпечення КІВС дозволяє вивести результати тестування у формі графіків або табличної інформації (рис.6).

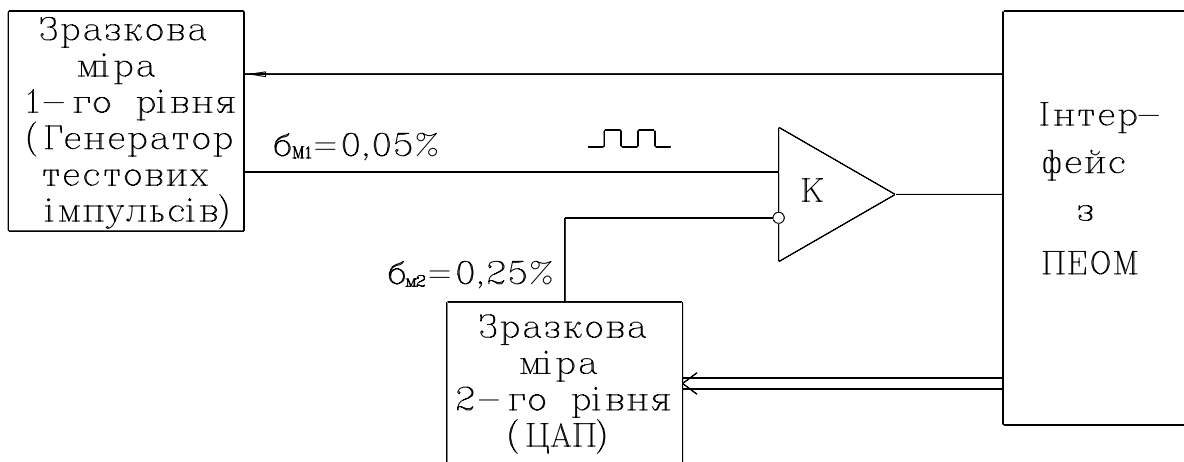


Рис.4. Схема повірки міри 2-го рівня на базі ЦАП за допомогою зразкової міри 1-го рівня

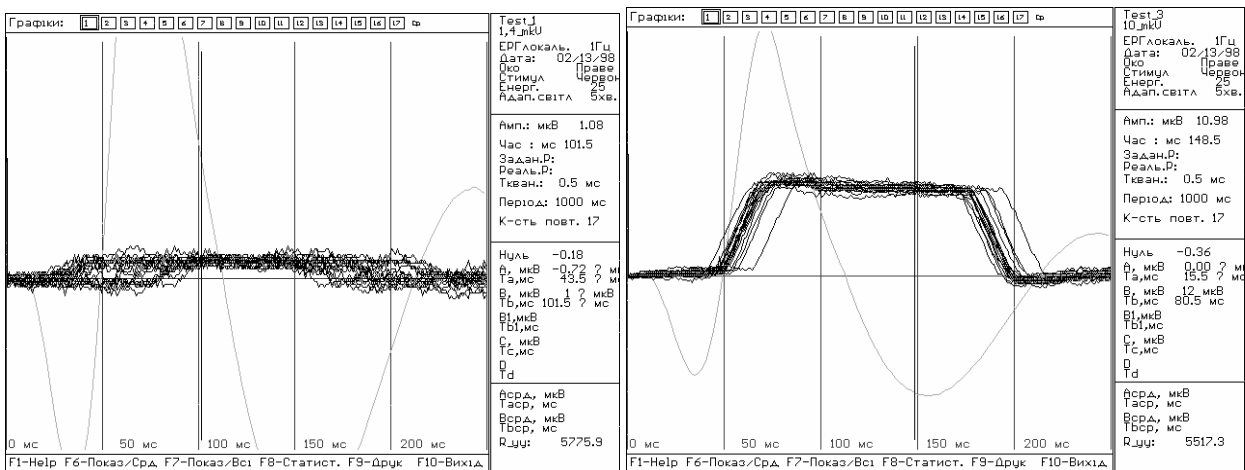


Рис.5. Результати реєстрації тестових імпульсів амплітудою 1,4 і 10 мкВ

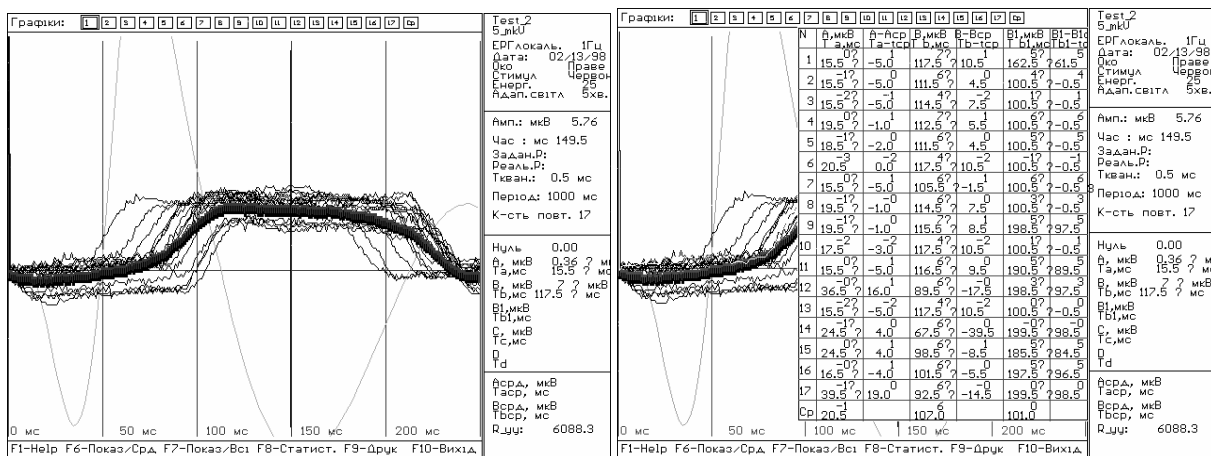


Рис.6. Статистичне оброблення результатів реєстрації тестових імпульсів амплітудою 5 мкВ

Використання прямокутних імпульсів для тестування як наближеної функції Хевісайда дає можливість аналізувати амплітудно-частотну характеристику підсилювального тракту КІВС за результатами спектрального аналізу вихідних сигналів.

Побудова і аналіз гістограми розподілу результуючої похибки системи за результатами автоматизованої повірки показує, що розподіл похибок КІВС в цьому діапазоні не суперечить нормальному (рис.7).

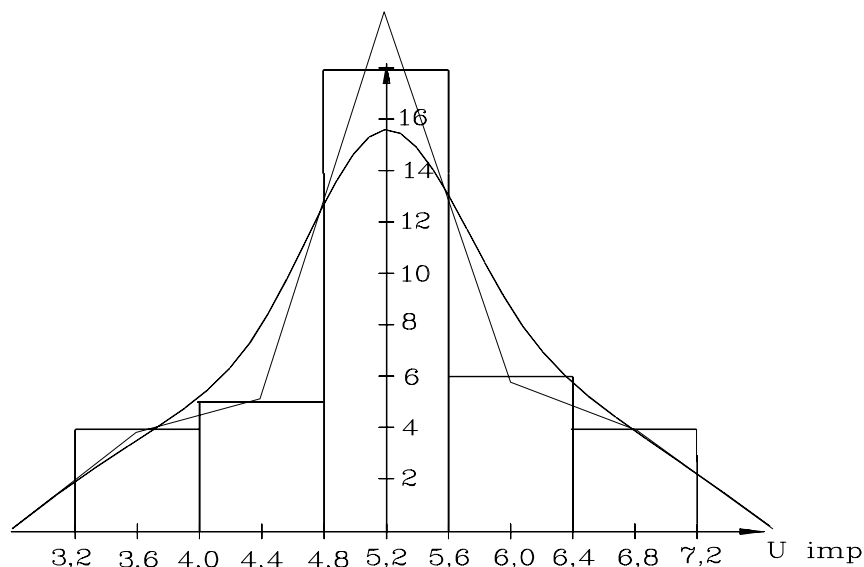


Рис.7. Гістограма розподілу похибок при реєстрації тестових імпульсів амплітудою 5 мкВ

При повірці засобів вимірювання імовірнісних характеристик випадкових процесів основною проблемою є створення зразкових засобів імовірнісних характеристик, або високоточних генераторів випадкових процесів з відомими імовірнісними характеристиками. Простіше створити генератори тестуючих сигналів, що формують реалізації випадкового процесу відомого класу, наприклад на основі керованої міри 2-го рівня на базі зразкового ЦАП, який формує вихідну інформацію на основі числової послідовності, попередньо записаної в пам'ять ЕОМ.

Отже, наявність у складі КІВС керованої міри дозволяє автоматизувати повірку, а дворівнева структура міри забезпечує поєднання високої точності з великими функціональними можливостями.

1. ГОСТ 8.010-72. ГСИ. Общие требования к стандартизации и аттестации методик выполнения измерений. 2. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. М.: Энергоатомиздат, 1985. 439 с. 3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 248 с. 4. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991.-376 с. 5. Паламар М.І. Комп'ютерні вимірювальні системи для дослідження біопотенціалів зорового аналізатора. // Дис. на здобуття наукового ступеня ... Тернопіль, 1998. 150 с.