

Метрологічне забезпечення комп'ютеризованих вимірювальних засобів для охоронних систем

В.Д. Погребенник¹, Р.В. Політило¹, Дудикевич В.Б.¹

Annotation – Approaches to the computerized metrological assurance of measuring systems of important sites.

Ключові слова – Вимірювальні засоби, охоронні системи, метрологічне забезпечення.

I. ВСТУП

Відомі зараз вимірювальні засоби (ВЗ) для систем охорони важливих об'єктів (СОВО) мають недостатню точність, чутливість та надійність. Все це зумовлює необхідність розроблення ВЗ з покращеними метрологічними характеристиками для оперативного реагування на порушення безпеки об'єкта.

У праці [1] запропоновано метод підвищення надійності ультразвукових засобів охоронних систем, в якому виявлення сигналу відбувається незалежно від зміни температури повітряного середовища.

Метод [1] полягає у випромінюванні та прийманні імпульсного ультразвукового сигналу в напрямку до охоронного об'єкта, розміщеного на відстані L , та вимірюванні часу поширення ультразвукового сигналу у прямому і зворотному напрямку до об'єкта та порівняння часу поширення сигналу у декількох послідовних тактах зондування. Для підвищення надійності охоронної сигналізації додатково одночасно випромінюють імпульсний ультразвуковий сигнал в напрямку до об'єкта, розміщеного на відстані $(L + l)$, приймають відбитий сигнал від об'єкта, вимірюють час поширення ультразвукового сигналу у прямому і зворотному напрямку до об'єкта, а також різницю часів поширення ультразвукових сигналів на базі L та $(L + l)$, а рішення про порушення охоронної зони приймають при перевищенні заданого відношення різниці часів поширення сигналів до часу поширення сигналів.

II. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є розроблення підходів до метрологічного забезпечення комп'ютеризованих ВЗ для охоронних систем.

Одна з особливостей КВЗ – застосування в ньому (через відсутність стандартних) переважно нестандартизованих засобів вимірювань, що вимагають спеціалізованого метрологічного забезпечення.

Інша особливість системи полягає в тому, що при оперативному визначенню стану об'єкту проводять виключно сумісні непрямі вимірювання, що продиктовано сильним ускладненням вимірювальних задач, їх комплексним характером.

Існує проблема об'єктивного оцінювання метрологічних характеристик ультразвукових ВІС. Це зумовлено

перш за все відсутністю єдиної перевіркової схеми і зразкових засобів вимірювання. Крім того, використовувані методи перевірки не дають змогу вірогідно оцінити характеристики КВЗ у заданому діапазоні і з потрібною точністю, а їх значна технологічна складність обмежує можливість проведення перевірок в натурних умовах.

Метрологічна атестація КВЗ – це експериментальні дослідження вимірювальних каналів, які дають змогу визначити метрологічні характеристики окремого вимірювального засобу в робочих умовах експлуатації, а також оформлення документа, який їх засвідчує.

Метрологічні характеристики розроблених систем встановлювались за результатами градування вимірювальних каналів параметра B .

Для цих КВЗ переважаючими є випадкові похибки ВК, для яких основними характеристиками прийнято середні квадратичні відхилення, а кількість спостережень n визначалася за формулою $n \geq 2/(1-P)$, де P – прийнята довірча ймовірність оцінки метрологічних характеристик ВК. При $P=0,95$ отримаємо $n \geq 40$.

Отже, необхідним є розроблення методики метрологічної перевірки, яку достатньо просто можна реалізувати практично у будь-яких умовах, що дає змогу підвищити вірогідність визначення характеристик ВІС.

Методика полягає в окремому визначенні характеристик перетворення електронного тракту КВЗ, довжини вимірювальної бази первинного перетворювача і отриманні на їх основі градувальної характеристики КВЗ в цілому [2]. Вона складається з таких операцій:

- 1) визначення характеристики перетворення електронного тракту КВЗ виду

$$N_B = \varphi \left(\frac{t_{L+l}}{t_1} \right) \quad (1)$$

де N_B – інформативний вихідний параметр КВЗ;

$t_{L+l} = (L+l)/c$; та $t_1 = l/c$ – інформативні вхідні параметри вторинного перетворювача КВЗ;

- 2) визначення довжин L_c , $(L_c + l_c)$ та l_c вимірювальної бази первинного перетворювача за формулами

$$L_c + l = c_0 \varphi(N_0), \quad (2)$$

$$l_c = c_0 \varphi^{-1}(N_0), \quad (3)$$

де c_0 – швидкість звуку у калібрувальному повітряному середовищі, що визначається в одній точці діапазону і приймається за зразкову, $m \cdot c^{-1}$; N_0 – вихідний параметр КВЗ, який відповідає параметру Z_{B0} , двійкових одиниць;

- 3) визначення градувальної характеристики КВЗ із співвідношень (2) і (3) за формулою

$$Z_B = Z_{B0} \frac{\varphi^{-1}(N_0)}{\varphi^{-1}(N_B)} \quad (4)$$

¹ Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: vpohreb@gmail.com

Слід відзначити, що під ефективною ("акустичною") довжиною L_e вимірювальної бази розуміють не геометричну віддачу між відбивальними поверхнями відбивачів, а інтегральне її значення з врахуванням сукупності всіх точок, розмішених на поверхні елементів, що беруть участь у процесі відбиття акустичної хвилі. Визначення характеристики перетворення електронного тракту КВЗ здійснюється при відключеному первинному перетворювачеві поданням на інформаційний вхід електронного каналу КВЗ сигналу від стандартного генератора парних імпульсів типу Г5-66. Генератор синхронізується імпульсом збудження первинного вимірювального перетворювача. Параметри і часові положення відбитих сигналів повинні відповідати параметрам і часовим положенням відбитих сигналів, що надходять на вхід електронного каналу КВЗ у реальних умовах експлуатації. Тривалість інтервалу між імпульсами змінюється у діапазоні від τ_n до τ_p

$$t_N = L_M/c_N; \quad (5)$$

$$t_V = L_M/c_V, \quad (6)$$

де L_M – довжина вимірювальної бази первинного перетворювача, яка визначається приблизно, m ; c_N і c_V – нижня і верхня межі діапазону вимірюваних швидкостей звуку.

Тривалість інтервалу контролюється з допомогою вимірювача часових інтервалів ИТ5-В.

Масив даних, отриманий з допомогою залежності (4), опрацьовується з допомогою методу найменших квадратів для отримання коефіцієнтів b_0 і b_1 характеристики, що має вигляд

$$t_L = b_0 + b_1 N. \quad (7)$$

Інша операція проводиться у чистому повітрі, при температурі, яка забезпечує відтворення значення швидкості звуку із заданого діапазона. Температура вимірювалася платиновим термометром типу ПТС-10. З точки зору мінімізації похибки градування найкраще вибирати температуру калібрувального середовища, яка близька або рівна температурі навколишнього середовища. Відліки показів термометричної установки (Θ_0) і градуованого КВЗ проводяться синхронно. Значення L_E розраховується з формули (4) з врахуванням рівняння (7):

$$L_E = c_0 / (b_0 + b_1 N). \quad (8)$$

Коефіцієнти a_0 і a_1 характеристики перетворення градуованого КВЗ виду

$$c = a_0 + a_1 N. \quad (9)$$

знаходяться з виразів

$$\begin{cases} a_0 = L_E b_0 \\ a_1 = L_E b_1 \end{cases}. \quad (10)$$

$$L_c(T) = L_e [1 + (T - T_k)]. \quad (11)$$

Аналогічно визначають параметр $(L_e + l_e)$ (Т).

За нормальних умов експлуатації похибка Δ_k КВЗ має вигляд

$$\Delta_k = \sqrt{\Delta_0^2 + \sum_{i=1}^m \Delta_{DOD}^2 + \Delta_{DYN}^2}, \quad (12)$$

де Δ_0^2 – основна похибка вимірювального засобу;

$\sum_{i=1}^m \Delta_{DOD}^2$ – сума додаткових похибок Δ_{DOD}^2 , зумовлених

дією величин впливу та неінформативних параметрів вхідних сигналів; m – число додаткових похибок; Δ_{DYN}^2 – динамічна похибка КВЗ, зумовлена впливом швидкості

зміни вхідних сигналів. Якщо складова $\sum_{i=1}^m \Delta_{DOD}^2$ мала, то

її можна не враховувати. Для ультразвукового КВЗ модель похибки

$$\Delta_{k_1} = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_{DYN}^2}, \quad (13)$$

$$\Delta_0 = \sqrt{\Delta_S^2 + \Delta_V^2} = \sqrt{\Delta_S^2 + \left(\frac{k\sigma_n}{\sqrt{n}}\right)^2}, \quad (14)$$

де Δ_S^2 – систематична складова і Δ_V^2 – випадкова складова основної похибки; k – коефіцієнт Стюдента; σ_n – середнє квадратичне відхилення результату вимірювання.

Динамічну похибку при вимірюванні значень параметра Z_{10} , Z_{50} , Z_{100} вихідного сигналу КВЗ відповідно на амплітудах 10, 50 і 100 відсотків діапазону визначають як

$$\Delta_{DYN}^2 = \frac{|Z_{10} - Z_{100}|}{2Z_{50}}. \quad (15)$$

і вона залежить, в основному від швидкості руху порушника.

Отже, сумарна похибка розроблених КВЗ становить 0,6% при $P=0,95$, коефіцієнті Стюдента $k=1,96$, допустимій похибці репрезентативності $\varepsilon=10\%$ і мінімальній швидкості порушника $v=0,034$ м/с.

III. ВИСНОВОК

Отже, розроблено методику метрологічної перевірки ультразвукових КВЗ, яка дає змогу оцінити метрологічні характеристики розробленого КВЗ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Політило Р. В. Методи підвищення надійності ультразвукових засобів охоронної сигналізації / Погребенник В. Д., Політило Р. В., Дудикевич В.Б. // Матеріали конф. «Обчислювальні методи і системи перетворення інформації». – Львів: ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України, 2010. – С. 207-210.
- [2] Політило Р. В. Комп'ютеризовані вимірювальні засоби підвищеної точності для охоронних систем важливих об'єктів // Політило Р.В. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. – Львів, 2011. – 19 с.