

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА АВТОМАТИКИ**

**MEASUREMENT, CONTROL AND DIAGNOSIS  
IN TECHNICAL SYSTEMS**

**ТРЕТЯ МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**«ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА  
В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ (ВКДТС-2015)»**

Збірник тез доповідей

**27-29 жовтня 2015 р.**

**ВНТУ  
ВІННИЦЯ  
2015**

**УДК 621.3.08**  
**ББК 30.607**

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки

*Головний редактор:* **В.В.Грабко**

*Відповідальний за випуск:* **Кучерук В.Ю.**

Рецензенти: **Столярчук П.Г.**, доктор технічних наук, професор  
**Кухарчук В.В.**, доктор технічних наук, професор

Третя міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2015), 27-29 жовтня, 2015 р. Збірник тез доповідей. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс і К», 2015. – 155 с.

**ISBN 978-966-2462-97-5**

У збірнику опубліковано матеріали конференції, присвяченої проблемам теоретичних основ вимірювань, контролю та технічної діагностики, інформаційно-вимірювальних технологій та метрології.

**УДК 621.3.08**  
**ББК 30.607**

**ISBN 978-966-2462-97-5**

© Вінницький національний технічний університет, 2015  
© Учбово-науковий центр «Паллада», 2015

**В.Ю. Кучерук, д.т.н., проф.; Р.І. Ліщук**

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРІЛОЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБАДІВ**

Ключові слова: динамічні метрологічні характеристики, передаточна функція, MatLab.

Сучасний рівень інформаційно-вимірювальних систем з використанням засобів технічного зору дають широкі можливості автоматизації випробувань стрілочних вимірювальних приладів. Аналіз досліджень [1-3] свідчить про високий рівень розвитку технічних і алгоритмічних засобів. У роботі [3] розроблена імітаційна модель функціонування системи автоматизації повірки, яка дозволяє імітувати різні способи повірки, включаючи і динамічний режим.

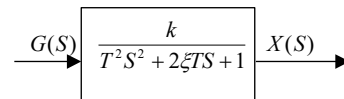
Незважаючи на досягнення, невирішеною залишається задача створення інформаційно-вимірювальних систем, що забезпечують побудову універсальних автоматизованих комплексів для випробувань аналогових стрілочних індикаторів у динамічному режимі роботи.

Отже, актуальним є автоматизація процесу визначення динамічних метрологічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів, що дозволить підвищити точність вимірювання та знизити часові та трудові витрати.

Коливальною ланкою називається найпростіший динамічний елемент системи автоматичного керування або його складова частина, що має передаточну функцію виду

$$W(S) = \frac{k}{T^2 S^2 + 2\xi TS + 1} \quad (1)$$

На структурних схемах коливальна ланка зображується в такий спосіб:



Динамічні властивості коливальної ланки визначаються трьома параметрами [1]:

$k$  – коефіцієнтом підсилення (передачі) коливальної ланки;

$T$  – постійна часу коливальної ланки;

$\xi$  – відносний коефіцієнт згасання коливальної ланки  $0 \leq \xi < 1$ .

Перетворюючи рівняння (1) отримаємо:

$$h(t) = k \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\frac{\xi}{T}t} \cdot \sin \left( \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T} t + \varphi \right) \right] = h(t) \quad (2)$$

$$\varphi = \arctg \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$$

Рівняння (2) яке описує згасаючий коливальний процес з відносним коефіцієнтом згасання та частотою  $\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}$ . Значення, що встановилось, цільової функції визначається як  $k = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t)$ .

Графік функції  $h(t)$  показаний на рис. 1:

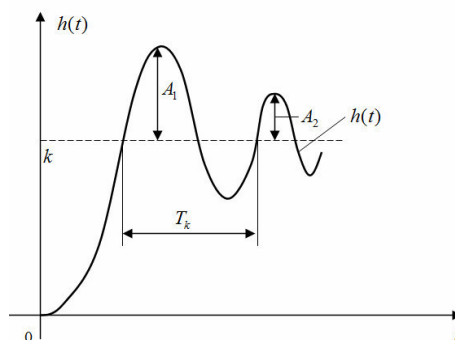


Рисунок 1 – Згасаючий коливальний процес

де,  $T_k$  – період коливань,  $A_1, A_2$  – амплітуди двох сусідніх коливань.

За графіком функції  $h(t)$  можна визначити параметри коливальної ланки в такий спосіб:

Коефіцієнт підсилення коливальної ланки визначають за встановленим значенням перехідної функції  $k = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t)$ .

Постійну часу  $T$  і коефіцієнт затування  $\xi$  можна знайти з рівнянь:

$$\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T} \cdot T_k = 2 \cdot \pi; \quad (3)$$

$$\frac{A_1}{A_2} = e^{-\frac{\xi}{T} T_k} \quad (4)$$

Для автоматизації процесу визначення динамічних метрологічних характеристик фотографують покази приладу через певний дискретний час. При практичних випробуваннях встановлено, що один кадр зображення отримувався в середньому за 15-40 мс. До цього проміжку часу додавався час на запис зображення на НЖМД. При циклічному фотографуванні приладу створюється папка з цифровою фотографією показу приладу. Далі, ці зображення також у циклічному режимі розпізнають.

У результаті маємо масив зображень показів приладу з відповідним їм рядом часу, в моменти якого ці фото були отримані. Для визначення динамічних метрологічних характеристик стрілочних вимірювальних приладів ці масиви імпортуються в пакет прикладних програм – MatLab.

За допомогою пакету Curve Fitting апроксимуємо ці значення відповідно до рівняння, яке описує затухаючий коливальний процес [2]. Результат представлений на рис.2.

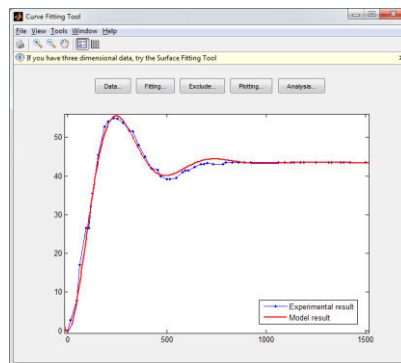


Рисунок 2 – Результат апроксимації

Параметри математичної моделі (довірчий інтервал з надійністю 95%):  $T = 72.53$  (71.92, 73.15);  $k = 43.44$  (43.3, 43.59);  $\xi = 0.3776$  (0.3697, 0.3855). Статистичні показники: SSE = 10,41; R-square = 0,9984; Adjusted R-square = 0,9983; RMSE = 0,4706;

Квадрату змішаної кореляції (R-square = 0,9984) та уточненого квадрату змішаної кореляції (Adjusted R-square = 0,9983) наближаються до 1, що свідчить про гарне наближення вихідних даних параметричною моделлю. Наближення суми квадратів похибок (SSE = 10,41) до нуля говорить про гарну якість наближення даних параметричною моделлю. Але візуальний аналіз графіка побудованої моделі показує добре наближення між емпіричними даними та теоретичними даними.

Список літературних джерел:

1. Свинолулов Ю.Г. Автоматизированные установки для поверки и градуировки стрелочных приборов / Свинолулов Ю.Г., Седов Э.Н. // ПСУ. - 1995. - № 2. - С.30-34.
2. Патент 2054689 Способ автоматической поверки стрелочных измерительных приборов / С.К. Киселев, Л.В. Федотов, В.А. Мишин. Опубл. Б.И. 1996, №5.
3. Киселев С. К. Способы автоматической поверки стрелочных электроизмерительных приборов в динамических режимах / автореферат диссертации по приборостроению, метрологии и информационно-измерительным приборам и системам, 05.11.05
4. ДСТУ 2681-94. Державний стандарт України. Метрологія. Терміни та визначення. - Київ, 1994.
5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB/ Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006.