

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Семененко М.А.

Науковий керівник – д.т.н., доц. Ромашов Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Комп'ютерно-інтегрованих  
технологій, автоматизації та мехатроніки, тел. (057) 702-14-86  
e-mail: maksym.semenenko@nure.ua

To provide the intelligent properties, the strain gauge is considered as the mechatronic system including mechanical and electrical parts. The mechanical part is considered as the steel bar with one fixed edge and other loaded edge and as the strain gauge. The electrical part consists of the strain gauge and the measuring bridge. The strain gauge is included in both the mechanical and electrical part because its state is defined by the mechanical deformation and the electrical resistance; thus, the strain gauge is the element providing interaction between the pure mechanical part and the pure electrical part. It is shown that the mathematical modeling will allow extracting the more information necessary for intelligent systems from the simple measurements.

Інтелектуальні системи автоматизації ґрунтуються на можливостях поточного визначення внутрішніх та зовнішніх параметрів стану об'єктів автоматизації. Можливості вимірювань [1] природно обмежені фізичними принципами датчиків, що не дозволяє безпосередньо вимірювати будь-які параметри стану об'єкту автоматизації. Визначення параметрів стану об'єктів автоматизації, необхідних для інформаційного забезпечення інтелектуальних систем їхньої автоматизації, здійснюється шляхом обробки результатів вимірювань з використанням математичних моделей. Саме використання математичних моделей дозволяє за результатами вимірювань визначати внутрішні та зовнішні параметри стану об'єктів автоматизації, необхідні для інтелектуальних систем їхньої автоматизації.

Тензорезисторні системи – це системи для вимірювання деформацій за допомогою дротових тензодатчиків [2]. Чутливим елементом дротового тензодатчику є тонкий металевий дріт у формі витягнутої синусоїди, що закріплений на підкладці. Зміна довжини цього металевого дроту при витягуванні призводить до зміни його електричного опору пропорційно зміненню довжини [2]. Рміна опору тензодатчику при деформуванні є дуже невеликою і для датчику із опором в 120 Ом складає приблизно 0,24 Ом при деформації 0,001 [2]. Для вимірювання такої малої зміни опору тензодатчик підключають до спеціальної досить складної електронної вимірювальної системи [2]. Вимірювальні можливості тензометричної системи визначаються насамперед характеристиками тензодатчику та схемою перетворювача. Тому далі розглядатимемо далі моделювання механічної частини перетворювача електронної частини.

Механічну частину розглядаємо у вигляді стрижня, що розтягується або стискається. Математичну модель такого стрижня одержимо шляхом відповідного спрощення диференціальних рівнянь теорії пружності [3]. Це приведе до початково-крайової задачі для переміщення стрижня. В той же час, для визначення математичної моделі складових об'єктів та систем автоматизації зазвичай використовують лінійні звичайні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами [4]. За допомогою методу прямих [5] початково-крайову задачу теорії пружності для стрижня зведено до такого диференціального рівняння та одержано передаточну функцію механічної частини системи у вигляді:

$$W(s) = \frac{4L}{\rho A(3L^2 s^2 + 8E/\rho)}, \quad (1)$$

де  $L$  та  $A$  – довжина та площа перерізу стрижня;  $E$  та  $\rho$  – модуль пружності та густина матеріалу стрижня.

Електронну частину розглянемо у вигляді моста Уітстона [1, 2], стан якого визначимо за допомогою правил Кірхгофа. В результаті одержимо зв'язок між опором тензодатчику на електричною напругою моста.

Побудова математичних моделей механічної та електронної частини тензорезисторної системи у вигляді передаточних функцій дозволило здійснити комп'ютерне моделювання такої системи за допомогою середовища Simulink комп'ютерної системи математичних обчислень MatLab. Схеми тут не наводяться через обмежений обсяг. Результати моделювання свідчать, що шляхом обробки результатів вимірювання (електрична напруга вимірювального мосту) можна визначати зовнішнє навантаження, що діє на досліджувану систему. Показано, що електричний сигнал вимірювальної системи містить високочастотні складові, що обумовлені механічними коливаннями стрижня внаслідок дії динамічного навантаження. Можливо, що детальне дослідження таких високочастотних електричних коливань дозволить встановлювати більш детальні характеристики навантажень, що діють на об'єкт автоматизації.

#### Список використаних джерел

1. Northrop R.B. Introduction to instrumentation and measurements / R.B. Northrop. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 898 p.
2. Экспериментальная механика: в 2-х кн. / С. Алтури, А. Кобаяси, Д. Дэлли и др.; ред. А. Кобаяси. – Кн. 1. – Москва: Мир, 1990. – 616 с.
3. Божидарник В. В. Элементы теории пружности / В. В. Божидарник, Г.Т. Сулим. – Львів: Світ, 1994. – 560 с.
4. Ким Д. П. Теория автоматического управления: в 2-х т. / Д. П. Ким. – Т. 1. Линейные системы. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
5. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике гидкостей: в 2-х т. / К. Флетчер. – Т. 1. – Москва: Мир, 1991. – 504 с.