

УДК 631.317

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ФУНКЦІЙ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Гончарова Н.В., аспірант*,

Нестерчук Д.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – робота присвячена систематизації та аналізу функцій перетворення первинних вимірювальних перетворювачів неелектричних величин. Наведені конструктивні схеми перетворювачів та аналітичні вирази, які описують залежності вихідних електричних величин від вхідних неелектричних величин.

Ключові слова – функція перетворення, первинний вимірювальний перетворювач, вхідна неелектрична величина, вихідна електрична величина.

Постановка проблеми. Розвиток електроніки та обчислювальної техніки став передумовою для широкої автоматизації найрізноманітніших процесів в промисловості, в наукових дослідженнях, в побуті. Реалізація цієї передумови визначається можливостями технічних засобів вимірювань для отримання вимірювальної інформації про досліджуваний параметр або процес.

Контролюючи технологічні процеси і наукові дослідження, необхідно вимірювати різноманітні неелектричні величини, кількість значно перевищує кількість електричних та магнітних величин. Згідно метрологічних положень існують три технічні засоби, а саме, датчик, первинний вимірювальний перетворювач та вимірювальний перетворювач, які призначені для вимірювання неелектричних величин.

За визначенням датчик – це конструктивно відокремлений первинний перетворювач, до якого надходять вимірювальні сигнали. Необхідність перетворення вимірюваної неелектричної величини в адекватний їй електричний сигнал стала підставою для введення в метрологію терміну «вимірювальний перетворювач» та «первинний вимірювальний перетворювач».

Розвиток та удосконалення напівпровідникової технології до-

* Науковий керівник: д.т.н. В.В. Овчаров

© аспірант Гончарова Н.В., к.т.н. Нестерчук Д.М.

зволило також розширити сфери застосування первинних перетворювачів та датчиків, а також підвищити їх точність, швидкодію, надійність, довговічність, зручність сполучення з електронними вимірювальними схемами.

До первинних перетворювачів висуваються вимоги: мініатюрність (можливість вбудовування), механічна міцність, відтворюваність, відносна дешевизна та висока точність при перетворенні неелектричної величини в електричну [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Згідно з ДСТУ 2681-94 вимірювальний перетворювач – це вимірювальний пристрій, який здійснює вимірювальне перетворення, тобто вимірювальну операцію, під час якої вхідна величина перетворюється у вихідну, функційно з нею пов'язану.

Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) – це вимірювальний перетворювач, який перший взаємодіє із об'єктом вимірювання і є перетворювачем роду фізичної величини.

Згідно аналізу літературних джерел [1 – 4] в основу принципу дії первинних вимірювальних перетворювачів покладене певне фізичне явище або ефект, відповідно до яких всі ПВП поділяються на такі групи: механічні, резистивні, електростатичні, електромагнітні, оптико-електричні та теплові.

Основною статичною характеристикою ПВП є функція перетворення.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Завданням статті є систематизація та аналіз функцій перетворення найбільш розповсюджених первинних вимірювальних перетворювачів в галузі електричних вимірювань неелектричних величин.

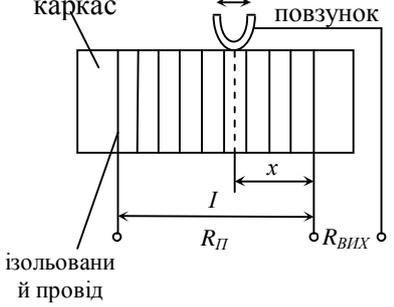
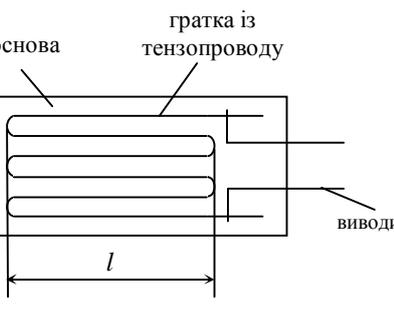
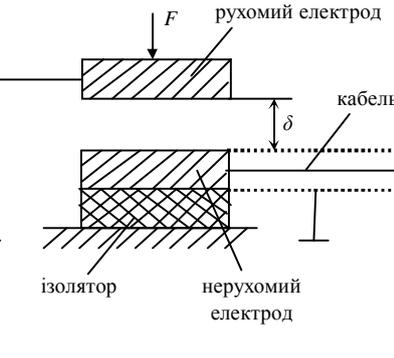
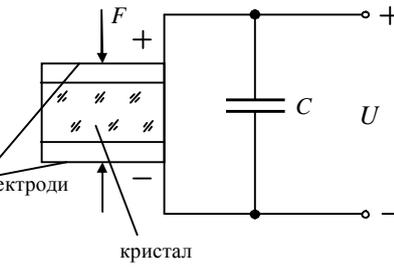
Основна частина. В даний час широко застосовуються різні первинні вимірювальні перетворювачі. У будь-якому каталозі електронних компонентів вони представлені досить повно, причому кожен тип перетворювача має кілька варіантів виконання.

Наявність повної технічної інформації про всі типи первинних вимірювальних перетворювачів та про їх технічні характеристики дозволяє вирішувати задачі вибору необхідного для вимірювання перетворювача, і тільки тоді можна бути повністю впевненим у вірному використанні перетворювача.

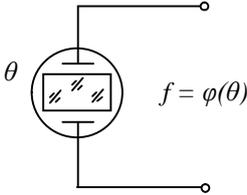
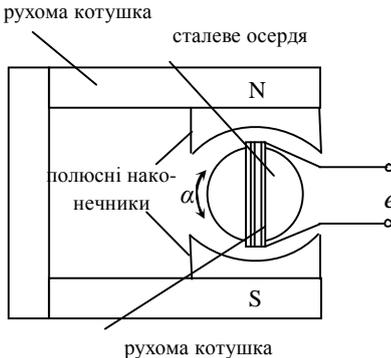
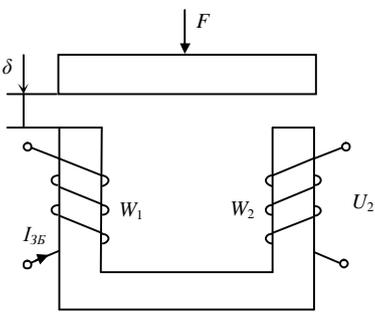
Детальний аналіз літературних джерел [1 – 4] дозволив зробити висновок, що відсутня систематизована інформація щодо опису функцій перетворення ПВП для вимірювання найвідоміших неелектричних величин. Функція перетворення ПВП – це залежність вихідної електричної величини від вхідної неелектричної. Функція перетворення ПВП може бути описана аналітичним виразом або у вигляді таблиць.

В таблиці 1 наведені спрощені конструктивні схеми перетворювачів та аналітичні вирази, які описують залежності вихідних електричних величин від вхідних неелектричних величин. [2 – 4].

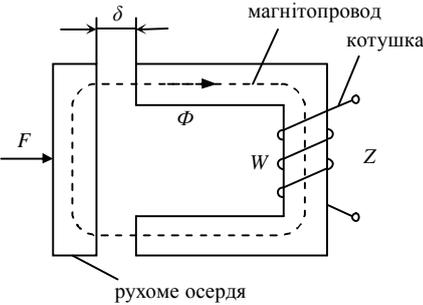
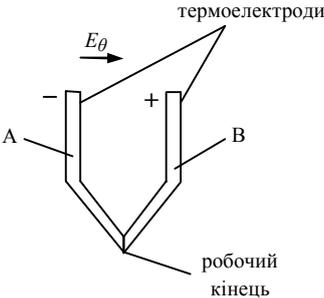
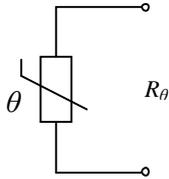
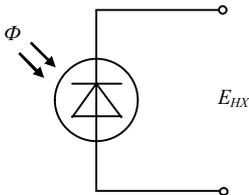
Таблиця 1 – Функція перетворення первинного вимірювального перетворювача

Найменування ПВП	Спрощена конструктивна схема перетворювача	Аналітичний вираз, який описує функцію перетворення ПВП
Реостатний перетворювач		$R_{вих} = f(x) = \frac{R_{П}}{l} \cdot x,$ <p>де $R_{вих}$ – повний опір ПВП; l – довжина; x – лінійне переміщення.</p>
Тензорезистивний перетворювач		$\Delta R = \frac{k \cdot R}{l} \cdot \Delta l,$ <p>де k – коефіцієнт тензочутливості; l – довжина бази тензорезистора; $\frac{\Delta l}{l}$ – відносна зміна довжини бази тензорезистора.</p>
Ємнісний перетворювач		$C = f(\delta) = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S \cdot \frac{1}{\delta},$ <p>де ε_0 – діелектрична стала; $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$; ε – відносна діелектрична проникність середовища між електродами; S – площа електродів.</p>
П'єзоелектричний перетворювач сили		$U = f(F) = \frac{d}{C} \cdot F,$ <p>де d – п'єзоелектричний модуль; C – ємність, утворена електродами.</p>

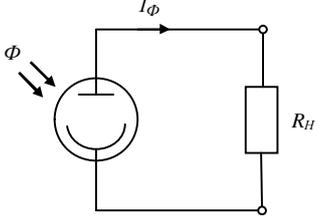
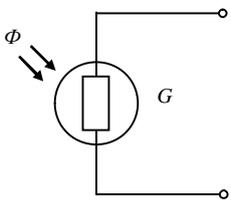
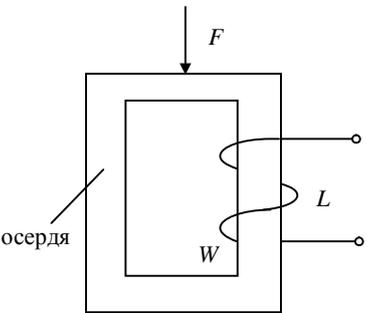
Продовження таблиці 1

Найменування ПВП	Спрощена конструктивна схема перетворювача	Аналітичний вираз, який описує функцію перетворення ПВП
П'єзоелектричний перетворювач температури		$f = \varphi(\Theta) = f_0 \times [1 + k_1 \cdot (\Theta - \Theta_0) + k_2 \cdot (\Theta - \Theta_0)^2 + k_3 \cdot (\Theta - \Theta_0)^3]$ <p>де f – частота коливань ПВП; f_0 – власна частота його коливань при початковій температурі Θ_0; k_1, k_2, k_3 – сталі коефіцієнти.</p>
Індукційний перетворювач		$e = f(\alpha) = -B \cdot W \cdot S \frac{d\alpha}{dt},$ <p>де B – індукція в робочому зазорі; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – активна площа рамки; d – діаметр рамки; W – кількість витків рамки; α – кутове переміщення рамки.</p>
Трансформаторний перетворювач		$U_2 = f(\delta) = \omega W_1 \cdot W_2 \cdot \mu_0 \cdot S \cdot I_{3B} \cdot \frac{1}{2\delta},$ <p>де I_{3B} – струм збурення; S – площа поперечного перерізу осердя; W_1, W_2 – кількість витків первинної та вторинної обмотки.</p>

Продовження таблиці 1

Найменування ПВП	Спрощена конструктивна схема перетворювача	Аналітичний вираз, який описує функцію перетворення ПВП
Індуктивний перетворювач		$Z = f(\delta) = \omega \cdot W^2 \cdot \mu_0 \cdot S \cdot \frac{1}{2\delta},$ <p>де Z – комплексний опір обмотки з кількістю витків W; ω – кутова частота; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнітна стала; S – площа поперечного перерізу магнітопроводу; δ – довжина повітряного зазору; Φ – магнітний потік.</p>
Термоелектричний перетворювач		$E_{\theta} = f(\Theta) = E(\Theta_P) - E(\Theta_B),$ <p>де Θ_P, Θ_B – відповідно температура робочого та вільних кінців термопари.</p>
Терморезистивний перетворювач		$R_{\theta} = f(\Theta) = R_0 + (1 + \alpha\Theta),$ <p>де α – температурний коефіцієнт опору.</p>
Фотодіод		$E_{HX} = f(\Phi) = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{S_I \Phi}{I} - 1 \right),$ <p>де E_{HX} – фотоЕРС; k – стала Больцмана; T – абсолютна температура; e – заряд електрона; S_I – чутливість; I_S – тепловий струм.</p>

Продовження таблиці 1

Найменування ПВП	Спрощена конструктивна схема перетворювача	Аналітичний вираз, який описує функцію перетворення ПВП
Електровакуумний фотоелемент		$I_{\phi} = f(\Phi) = S_{\text{ИТ}} \cdot \Phi,$ <p>де I_{ϕ} – фотострум, мА; Φ – світловий потік, лм; $S_{\text{ИТ}}$ – інтегральна чутливість фотокатода, мА/лм.</p>
Фоторезистор		$G = f(\Phi) = \Phi \cdot a,$ <p>де G – електропровідність фоторезистора; a – коефіцієнт не лінійності енергетичної характеристики фотопровідності.</p>
Магнітопружний перетворювач		$\Delta L = f(\sigma) = \frac{W^2}{\epsilon_i} \cdot S \cdot \mu \cdot k_{\sigma} \cdot \sigma,$ <p>де ΔL – приріст індуктивності обмотки з кількістю витків W; σ – механічне напруження в осерді; S – площа поперечного перерізу осердя; ϵ_i – відносна деформація; μ – магнітна проникність матеріалу осердя; k_{σ} – коефіцієнт магнітопружної чутливості.</p>

Висновки.

Таким чином, здійснена систематизація функцій перетворення первинних вимірювальних перетворювачів для вимірювання неелектричних величин дозволила наочно описати функціональні взаємозв'язки між електричними та неелектричними величинами, що вимірюються.

Література

1. *Бриндли К.* Измерительные преобразователи: Справочное пособие: Пер. с англ. / *К. Бриндли.* – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.
2. *Дорожовець М.* Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: У 2 т. / *М.Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик;* За ред. *Б. Стадника.* – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 532 с.
3. *Полищук Є.С.* Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник. / *Є.С. Полищук.* – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 360 с.
4. Измерения электрических и неэлектрических величин / *Н.Н.Евтихийев, Я.А. Куперимидт* и др.; Под общ. ред. *Н.Н.Евтихьева.* – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Гончарова Н.В., Нестерчук Д.Н.

Аннотация

Работа посвящена систематизации и анализу функций преобразования первичных измерительных преобразователей. Приведены конструктивные схемы преобразователей и аналитические выражения, которые описывают зависимости выходных электрических величин от входных неэлектрических величин.

SYSTEMATIZATION AND ANALYSIS FUNCTIONS TRANSFORMATION OF PRIMARY MEASURING NON- ELECTRICAL QUANTITIES TRANSDUCERS

N. Goncharova, D. Nesterchuk

Summary

The work is dedicated to organizing and analyzing the functions of transformation of primary transmitters. It shows the design of the converter circuit and analytic expressions that describe dependences of the output from the input electrical quantities of non-electrical quantities.