

УДК 623.004.67

С.С. Котляр

Генеральний Штаб Збройних Сил України, Київ

МОДЕЛЬ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ВИМІРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ

В статті описано потенціометричну модель мікропроцесорного вимірювача температури та визначенні пропозицій щодо корекції похибок вимірювання температури за допомогою прибору, що розглядається.

Ключові слова: потенціометрична модель, мікропроцесорний вимірювач температури, корекція похибок вимірювання.

Вступ

Постановка задачі. Терморезистивні перетворювачі мають ряд переваг у порівнянні з іншими типами вимірювальних перетворювачів. Разом з тим, при використанні терморезистивних вимірювальних перетворювачів на результати вимірювання впливають такі чинники як матеріал термокомпенсованих провідників, температур та навколишнього середовища. В зв'язку з цим для кожного з таких перетворювачів необхідно побудувати залежність вихідного параметру від температури, а саме залежність $U = f(T)$. Ця залежність визначається тільки в деяких фіксованих точках температурної шкали. Тому існує необхідність коректування вимірювальної характеристики кожного окремого датчика при атестації, калібруванні, повірки та при проведенні вимірювань температури з високою точністю в інтервалах між реперними точками шкали температур. Для цього необхідно розробити модель мікропроцесорного вимірювача температури та надати пропозицій щодо корекції похибок мікропроцесорного вимірювача температури, що є актуальною науково-прикладною задачею у галузі дослідження метрологічних характеристик мікропроцесорних вимірювачів температури.

Аналіз літератури. В [1] з'ясовані чинники, що впливають на похибки засобів вимірювань. Питання метрологічного забезпечення та експлуатації вимірювальної техніки надано в [2]. В [3] наведені тестові методи підвищення точності вимірювань. В [4] описані датчики пристрої вимірювання та їх використання. Види електронних вимірювань визначені в [5]. Але в [1 – 5] не розглядалися питання, які пов'язані з розробкою моделі потенціометричного мікропроцесорного вимірювача температури та не викладені пропозиції щодо корекції похибок мікропроцесорного вимірювача температури.

Метою статті є опис розробленої моделі потенціометричного мікропроцесорного вимірювача температури та визначення пропозицій щодо корекції похибок вимірювання температури.

Результати досліджень

Розглянемо варіанти схемного рішення побудови мікропроцесорних вимірювачів температури:

- потенціометричний вимірювач;
- вимірювач температури на підставі компаратора напруг;
- вимірювач температури з перетворенням термоопору в частоту.

Перевагу надамо мікропроцесорному вимірювачу температури у якого можливо забезпечити вимірювання температури з високою точністю в інтервалах між реперними точками шкали температур.

При виборі та обґрунтуванні структурної схеми мікропроцесорного вимірювача температури слід звернути увагу на те, що зміна опору терморезистивного перетворювача (ТП) від зміни температури незначна, що не виключає впливу завад таких датчиків, особливо при великій довжині з'єднувальних ліній. Тому між ТП та аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) мікропроцесора (МП) повинен бути включений підсилювач з великим коефіцієнтом підсилення. Представимо структурну схему мікропроцесорного вимірювача температури (рис. 1).

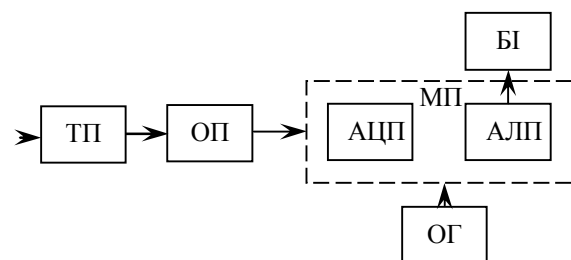


Рис. 1. Структурна схема мікропроцесорного вимірювача температури

В цій схемі ТП – термоперетворювач (використовується для перетворення температури у опір терморезистора), ОП – операційний підсилювач (використовується для підсилення падіння напруги на терморезистивному датчику), АЦП – аналого-цифровий перетворювач (використовується для перетворення аналогового сигналу на виході операційно-

го підсилювача в цифровий код), АЛП – арифметико-логічний пристрій (використовується для обробки результатів вимірювань), ОГ – опорний генератор (використовується для синхронізації роботи мікропроцесорного пристрою), БІ – блок індикації (служить для індикації результатів вимірювань).

Розробка моделі потенціометричного мікропроцесорного вимірювача температури здійснювалась в середовищі моделювання MATLAB. Схема пропонує мого пристрою наведена на рис. 2.

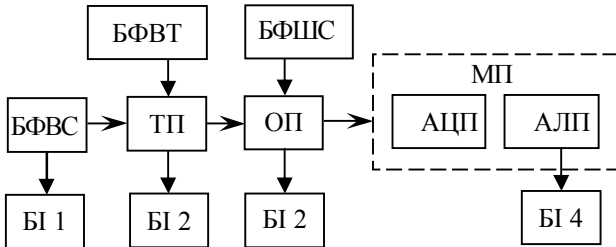


Рис. 2. Потенціометричний мікропроцесорний вимірювач температури

На приведеній схемі: БФВС – блок формування вхідного сигналу; БФВТ – блок формування вимірюваної температури; ТП – температурний перетворювач; ОП – операційний підсилювач; БФШС – блок формування шумового сигналу; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; АЛП – арифметико-логічний пристрій; МП – мікропроцесор; БІ 1, 2, 3, 4 – блоки індикації. БФВС в наведеній схемі формує три види досліджуємих сигналів зміни температури за часом:

$$X_{ВХ1} = \text{const}, \quad X_{ВХ2} = kx, \quad X_{ВХ3} = \sin x,$$

які видаються для графічної індикації на БІ 1. Після температурного перетворювача (ТП) в сигнал адитивно додається шумова складова randn , яка має розподіл за нормальним законом із визначеними параметрами розподілу, що змінюються під час дослідження:

$$X_{ТП1} = \text{const} + \text{randn}; \quad X_{ТП2} = kx + \text{randn}; \quad X_{ТП3} = \sin x + \text{randn}.$$

На виході операційного підсилювача маємо:

$$X_{ТП1} = k_{ш} (\text{const} + \text{randn}) + x_0;$$

$$X_{ТП2} = k_{ш} (kx + \text{randn}) + x_0;$$

$$X_{ТП3} = k_{ш} (\sin x + \text{randn}) + x_0.$$

Після проведення дослідження роботи потенціометричного мікропроцесорного вимірювача температури необхідно надати пропозицій щодо корекції похибок мікропроцесорного вимірювача температури, а саме при проведенні вимірювань з використанням мікроконтролера пропонується відмовитися від звичайного способу калібрування вимірювального приладу за допомогою вимірювального підсилювача і компенсаційного потенціометра, а перекласти завдання калібрування корекції на мікроконтролер. В якості прикладу розглянемо реальний випадок з практики вимірювань: вимірювач температури видає характеристику, надану на рис. 3.

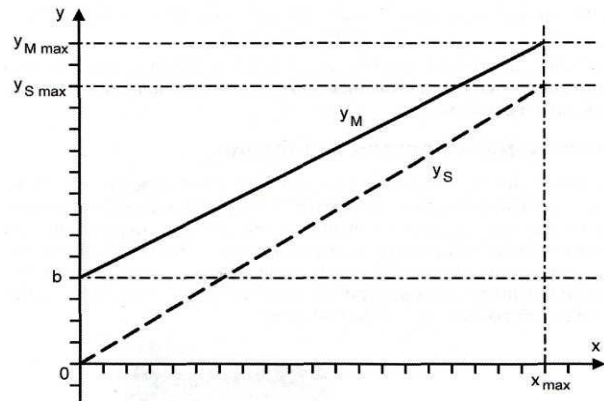


Рис. 3. Нормальна y_s і фактична y_m характеристика вимірювального приладу

На діаграмі показана фактична характеристична крива y_i (суцільна лінія) і нормальна характеристика y_s (пунктирна лінія) вимірювального приладу. При цьому кривій y_i може, наприклад, відповідати значення на виході цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) залежно від вхідної напруги x . Як видно з рис. 3, фактичні значення y_i зміщені відносно кривої y_s на величину b . Окрім того, спостерігається незначне посилення (нахил прямої y_i незначний).

У звичайних випадках подібні похибки усуваються за допомогою вимірювального підсилювача і підстроечного резистора. Якщо ж в описаній вимірювальній системі присутній мікроконтролер, то корекція помилки реалізується на програмному рівні. Відповідно, відпадає необхідність у використанні підсилюючої схеми і підстроечного резистора. Значення поправки прораховуються в процесі калібрування, після чого вони можуть бути записані, наприклад, в пам'ять EEPROM мікроконтролера. З їх допомогою при подальших вимірюваннях всі значення, що заміряються (спотворені), можна відкоректувати в режимі реального часу.

Розглянемо калібрування з метою корекції помилки на програмному рівні. На рис. 4 зображена лінійна характеристика вимірювального приладу з двома контрольними точками МР1 і МР2, в яких слід виконати калібрування за допомогою мікроконтролера.

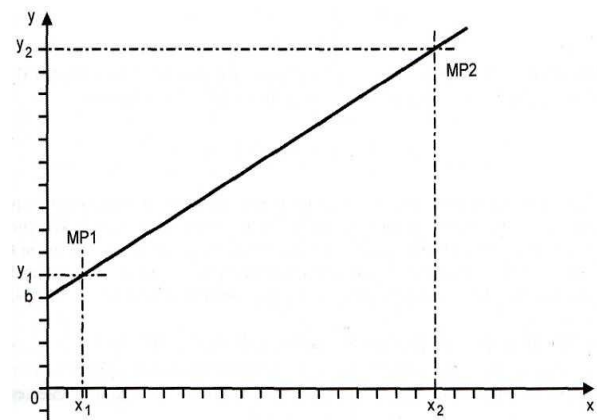


Рис. 4. Характеристика вимірювального приладу, що калібрується за допомогою мікроконтролера

Якщо характеристика має лінійний характер, то усі величини, що заміряються, і знаходяться на одній прямій і описуються рівнянням:

$$y = ax + b. \quad (1)$$

Невідомі коефіцієнти a і b легко визначити, знаючи точки виміру $MP1$ і $MP2$. Підставивши їх координати в (1), отримаємо:

$$a = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1); \quad b = y_1 - ax_1. \quad (2)$$

Початкова величина x , якій відповідає зчитуване на виході ЦАП значення y , є шуканою, тоді з (1):

$$x = (y - b) / a; \quad x = (y - b) / x. \quad (3)$$

Перш ніж визначити шукану початкову величину x , необхідно відняти з y збережене в пам'яті значення зсуву b . Отримана різниця ділиться на нахил прямої a , і в результаті отримуємо шукану величину. Оскільки мікроконтролери виконують операції множення швидше ніж операції ділення, ділення можна замінити множенням на зворотну величину $1/a$.

Крім того також можна використовувати статистичні методи корекції похибки мікропроцесорного вимірювача температури, що призначені для зменшення випадкової складової похибки вимірювань, якщо відомі статистичні характеристики похибки (оцінка інтервалу кореляції похибки, оцінка взаємної кореляційної функції похибки тощо). Ці методи ґрунтуються на часовому осередненні результатів вимірювань, тобто на їх цифровому інтегруванні та використовується при умові, що інтервал кореляції похибки є значно меншим від допустимого значення часу вимірювання або перетворення. Часове осереднення, здійснюється на основі багаторазових вимірювань фізичної величини X постійного розміру одним мікропроцесорним вимірювачем температури за незмінних умов і з наступним обчисленням результату вимірювань, яким є середнє арифметичне значення \bar{Y} окремих результатів вимірювань Y_i , $i = \overline{1, n}$, виконаних послідовно в часі. На рис. 5 показано результат вимірювання температури за допомогою мікропроцесорного вимірювача температури, працюючий на основі потенціометричної моделі мікропроцесорного вимірювача температури.

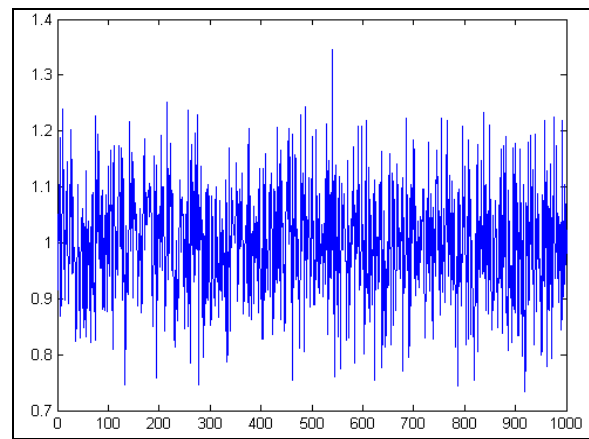


Рис. 5. Результат вимірювання температури

Висновки

1. В статті запропонована структурна схема мікропроцесорного вимірювача температури.
2. Описана модель потенціометрична мікропроцесорного вимірювача температури, що була здійснена в середовищі моделювання MATLAB.
3. Надані пропозиції щодо корекції похибок мікропроцесорного вимірювача температури.
4. Розглянуто приклад з практики вимірювань де корекція помилки мікропроцесорного вимірювача температури реалізується на програмному рівні.

Список літератури

1. Новицкий П.В. Динамика погрешностей средств измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф, В.С. Лабунец. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
2. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
3. Бромберг Э.М. Тестовые методы повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л. Куликовский. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.
4. Виглеб Г. Датчики: устройство и применение / Г. Виглеб. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
5. Мирский Г.Я. Электронные измерения / Г.Я. Мирский. – К.: Вища школа, 1995. – 278 с.

Надійшла до редколегії 1.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МОДЕЛЬ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

С.С. Котляр

В статье описана модель потенциометрического микропроцессорного измерителя температуры и изложены предложения о коррекции погрешностей измерения температуры с помощью предложенного устройства

Ключевые слова: потенциометрическая модель, микропроцессорный измеритель температуры, коррекция погрешностей измерения.

MODEL OF POTENTIOMETER MICROPROCESSOR MEASURING DEVICE OF TEMPERATURE

S.S. Kotlyar

In the article the model of potentiometer microprocessor measuring device of temperature is described and expounded suggestion about the correction of errors of measuring of temperature by the offered device

Keywords: potentiometer model, microprocessor measuring device of temperature, correction of measuring errors.