

# Метрологія та вимірювальна техніка

УДК 623.004.67

О.В. Заярна, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В КАНАЛІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Аналізуються методи температурних вимірювань на сучасному етапі розвитку автоматизованих систем управління. Розглядається принцип вимірювання температури, що заснований на різночасовому вимірюванні частот від калібровочного та вимірюемого опорів з подальшим обчисленням за допомогою мікропроцесора.

**Ключові слова:** термометрія, схема вимірювання, опір, датчик, частота.

### Вступ

**Постановка задачі.** Один з основних каналів автоматизованих систем управління є канал вимірювання температури за допомогою термометрів опорів. Існуючі пристрої для вимірювання температури, що застосовуються в сучасних АСУ, вже не відповідають потрібній точності та стабільності вимірювань, а прецизійні елементи коштують дорого. При побудові інформаційно-вимірювальних автоматизованих систем, як правило, використовуються термометри опорів.

Тому вдосконалення принципу вимірювання температури частотними методами набуває дуже велику актуальність.

**Аналіз літератури.** В відомій літературі [1 – 6] розглядаються методи вимірювання температури на базі терморезисторних перетворювачів, але в цій літературі не визначаються питання, що пов'язані з дослідженням частотних методів вимірювання температури.

**Мета статті.** Дослідити частотні методи вимірювання температури на базі терморезистивних перетворювачів, розглянути похибки, що виникають у процесі вимірювань та їх вплив на результати визначення температури.

### Основний матеріал

Враховуючи, що в АСУ енергоблоків електростанцій число каналів вимірювання температури може доходити до декількох сотень, використання існуючих приладів частіше неприпустимо за коштовним критерієм.

Тому доцільно застосовувати принцип вимірювання температури, що заснований на різночасовому вимірюванні частот, які є функцією перетворення зміни опорів калібровочного та вимірюемого терморезисторів з подальшим обчисленням за допомогою

мікропроцесора вимірюемого опорів при відомому, заздалегідь вимірюваному, калібровочному.

Мікропроцесор може обслуговувати багато каналів, все залежить від швидкодії мікропроцесора та від циклу вимірювання опорів.

В реальній практиці інтервал часу між вимірюваннями калібровочного і вимірюемого опорів не перевищує одиниць мілісекунд, внаслідок чого похибки, що обумовлені нестабільністю в часі генератора току, величини коефіцієнта підсилення підсилювача та коефіцієнта перетворення напруга/частота, виключаються.

Залишаються похибки, що викликані ненульовою напругою на виході підсилювача при нульовому сигналі його входу (зміщення), не лінійністю перетворення напруга/частота та нестабільністю калібровочного опорів.

Згідно з рис. 1, можна записати:

$$IRk + U_0 = \alpha f, \quad (1)$$

де  $f$  – частота;

$\alpha$  – коефіцієнт перетворення напруга/частота;

$k$  – коефіцієнт підсилення підсилювача.

При відсутності напруги зміщення

$$IRk = \alpha f. \quad (1')$$

З (1) та (1') слідує співвідношення:

$$R_1/R_2 = (\alpha f_1 - U_0) / (\alpha f_2 - U_0); \quad (2)$$

$$R_1/R_2 = f_1/f_2. \quad (3)$$

В ідеальному випадку без врахування вказаних вище похибок в каналі вимірювання значення опорів, що вимірюється, знаходиться за виразом (3):

$$R_1 = R_2 f_1 / f_2,$$

при цьому значення температури також легко обчислюється згідно з ГОСТ 6651-94.

Проведемо аналіз похибок, що визвані зміщенням на виході підсилювача та впливом температури

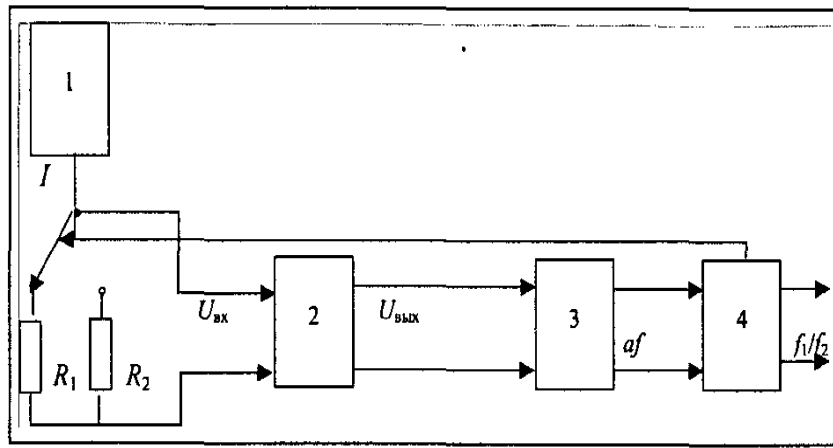


Рис. 1. Структурна схема каналу вимірювання опору:  
1 – генератор струму; 2 – підсилювач;  
3 – перетворювач напруга/частота;  
4 – мікропроцесор

навколишнього середовища, враховуючи, що перетворювач напруга/частота є пристроєм з лінійним вихідним сигналом.

Розглянемо вплив зміщення, що приведений до виходу підсилювача, на величину похибки вимірювання відношення опорів. Для цього вираз (2) після спрощених перетворень надамо у вигляді:

$$R_1/R_2 = f_1/f_2(1 - U_0/af_1)(1 - U_0/af_2)^{-1}. \quad (4)$$

Розклавши третій співмножник правої частки рівняння (4) у степенний ряд, отримаємо:

$$(1 - U_0/af_2)^{-1} = 1 + U_0/af_2 + (U_0/af_2)^2 + \dots + (U_0/af_2)^n.$$

Ряд сходиться, оскільки на практиці  $U_0/af_2 < 1$ . Члени ряду швидко убивають. Так, вже третій член ряду для реальних приладів набуває величину, яка менша ніж  $10^{-5}$ .

Залишимо два члени ряду і, виконав прості перетворення, вираз (4) приведемо до виду

$$R_1/R_2 = f_1/f_2(1 + U_0/af_2 - U_0/af_1 - U_0/a^2f_1f_2).$$

Виключимо четверте складове у дужках за його малою величиною. Після деяких перетворень отримаємо:

$$R_1/R_2 = f_1/f_2 \left( 1 + \frac{U_0}{a} \times (f_2 - f_1)/f_1f_2 \right). \quad (5)$$

Друге складове у дужках уявляє собою похибку вимірювання відношення опорів, яка обумовлена зміщенням, що приведена до виходу підсилювача:

$$\Delta \frac{R_1}{R_2} = \frac{U_0}{a} \times (f_2 - f_1)/f_1f_2.$$

Проаналізуємо вплив температури навколишнього середовища на величину похибки вимірювання відношення опорів. У виразі (5) від температури

залежить величина калібровочного опору  $R_2$  та величина зміщення, що приведене до виходу підсилювача.

Позначимо величину температурного коефіцієнта опору через  $\alpha$ , величину температурної залежності напруги зміщення через  $\beta$ , і, вважаючи ці залежності лінійними, отримаємо:

$$R(t) = R_2(1 + \alpha t);$$

$$U(t) = U_0 + \beta t,$$

де  $t$  – температура навколишнього середовища.

Вираз (5) тепер буде мати вигляд:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{f_1}{f_2}(1 + \alpha t) \left( 1 + \frac{U_0 + \beta t}{a} \times \frac{f_2 - f_1}{f_1f_2} \right).$$

Помноживши та маючи на увазі, що вираз

$$\alpha t \times \frac{U_0 + \beta t}{a} \times \frac{f_2 - f_1}{f_1f_2}$$

доволі малий, отримаємо:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{f_1}{f_2} \left( 1 + \alpha t + \frac{U_0 + \beta t}{a} \times \frac{f_2 - f_1}{f_1f_2} \right). \quad (6)$$

Сума другого та третього складових у дужках виразу (6) є похибкою вимірювання опору, що обумовлена напругою та температурою навколишнього середовища:

З метою підвищення точності вимірювання при заданому діапазоні вимірювання опорів величину калібровочного опору слід обирати не в середині діапазону, а, керуючись критерієм рівноваги похибок, на краях діапазону.

На рис. 2 для схеми каналу вимірювання температури наведений графік залежності похибки вимірювання відношення опорів від відношення частот, зміщення та температури навколишнього середовища.

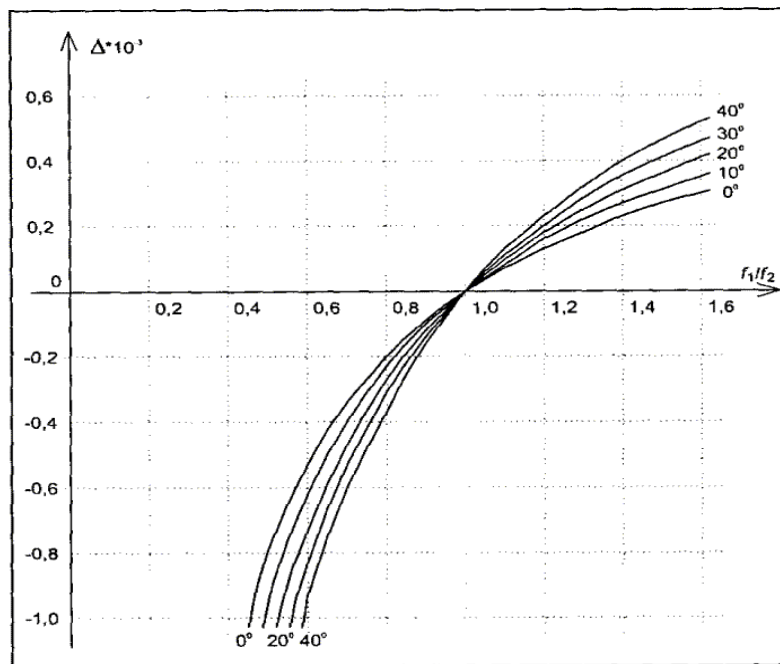


Рис. 2. Залежність похибок від границь вимірювання та температури навколишнього середовища

## Висновки

1. Проведений аналіз дає можливість застосувати методи вимірювання температури, що засновані на різночасовому вимірюванні частот, які є функцією перетворення зміни опорів калібровочного та вимірюемого терморезисторів з подальшим обчисленням за допомогою мікропроцесора у автоматизованих системах, у яких первинними перетворювачами температури є терморезистори.

2. Важливим чинником є застосування в цих системах мікропроцесора. Мікропроцесор може обслуговувати багато каналів та враховувати вплив зовнішніх факторів, все залежить від швидкодії мікропроцесора та від циклу вимірювання опорів.

3. Проведений аналіз похибок вимірювання температури, що виникають за рахунок зміщення на виході підсилювача та впливу зовнішнього середовища дає можливість скорегувати результат вимірювання та підвищити його та достовірність.

## Список літератури

1. Поліщук Э.С. *Вимірювальні перетворювачі* / Э.С. Поліщук. – К.: Вища школа, 2003.
2. Бартенев В.Р. *Технології PLUG & PLAY в техніці виміру температури* / В.Р. Бартенев, Р.В. Бартенев // *Контрольний – вимірювальні прилади й системи*. – 1997. – № 2. – С. 35-41.
3. Фарсане Н.Г. *Технологічні виміри й прилади* / Н.Г. Фарсане, Л.В. Ілясов. – К.: Вища школа, 1999. – 340 с.
4. Бартенев В.Р. *Розподілена модульна система терморегулювання СИНТАЛ ТЕРМОЛІНК* / В.Р. Бартенев, Р.В. Бартенев // *CHIP NEWS*. – 1997. – № 9. – С. 22-27.
5. *Основи метрології й електричні вимір.* – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 370 с.
6. *Вимір електричних і неелектричних величин* / М.М. Євтіхєв та інші. – М.: Энергоатом издат, 1988. – 210 с.

Надійшла до редколегії 8.11.2011

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

## ИЗМЕРЕНИЕ TEMПЕРАТУРЫ В КАНАЛЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Е.В. Заярна, А.Н. Науменко

*Анализируются методы температурных измерений на современном этапе развития автоматизированных систем управления. Рассматривается принцип измерения температуры, основанный на разновременном измерении частот от калибровочного и измеряемого сопротивлений с дальнейшими вычислениями с помощью микропроцессора*

**Ключевые слова:** термометрия, схема измерения, сопротивление, датчик, частота.

## MEASURING OF TEMPERATURE IS IN CHANNEL OF AUTOMATED CONTROL THE SYSTEM

O.V. Zayarna, A.N. Naumenko

*The methods of the temperature measurements are analysed on the modern stage of development of automated control the system. Principle of measuring of temperature, based on the happening measuring of frequencies from calibrate and measured resistances with further calculations by a microprocessor, is examined*

**Keywords:** thermometry, measuring chart, resistance, sensor, frequency.