

Отже, отримано вираз для залежності температури злїоту термопарї від часу проходження імпульсу струму. Аналіз виразу (5) показує, що зі збільшенням тривалості імпульсу τ_0 і особливо густини струму головний внесок дає теплота Джоуля, і необхідно шукати шляхи виключення цієї складової.

Зробити це можна, наприклад, здійснюючи два ідентичні вимірювання E з протилежними напрямками струмів. У такому разі при прямому проходженні струму і температура злїоту підвищувалась би, при зворотному – зменшувалась. Різниця виміряних значень ЕРС становитиме

$$\delta E = E^+ - E^- = \alpha(T^+ - T^-),$$

або

$$\delta E = 2\alpha \frac{j\alpha T_0}{c\gamma\sqrt{\pi a}} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau - \tau_0}). \quad (6)$$

Звідси може бути знайдений коефіцієнт ТЕРС α :

$$\alpha = \frac{\delta E c \gamma \sqrt{\pi a}}{2 j T_0 (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau - \tau_0})}. \quad (7)$$

Застереження. Необхідно відзначити, що запропонована методика ще не вирішує проблеми повністю,

оскільки необхідно враховувати зміну властивостей, геометричних розмірів, наявність теплообміну. Попередній аналіз показує, що деякі з цих проблем можуть бути вирішені лише методами нестационарних випробувань, оскільки саме в нестационарних режимах можуть бути визначені такі фізичні властивості, як температуропровідність та теплоємність.

Висновки. Запропоновано використовувати перехідні процеси, пропускаючи струм через злїот термопарї для контролю коефіцієнта термоелектрорушїної сили. Отримано, в першому наближенні, співвідношення, які можуть бути запропоновані для аналізу перехідних процесів. Показано, що головна складова похибок може бути компенсована двома послїдовними вимірюваннями з протилежними напрямками струму.

1. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. и др. Температурные измерения. – К., 1989. 2. Динариев О.Ю. О структуре фронта возмущения для процесса переноса с пространственно-временной нелокальностью // Прикладная механика и техническая физика. 2001. – Том 42. – № 6. – С. 52–56.

УДК 536.53

ВИБІР ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ ШУМОВОГО ТЕРМОМЕТРА

© Ігор Микитин, Любомир Литвинський, 2003

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра “Інформаційно-вимірювальні технології”, вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Сформульовано вимоги до інтерфейсу передачі даних від шумового термометра до персонального комп'ютера. Визначено інтерфейси, найпридатніші для розв'язання цієї задачі. Проаналізовано характеристики найпоширеніших інтерфейсів.

Сформулированы требования к интерфейсу передачи данных от шумового термометра к персональному компьютеру. Определены интерфейсы, наиболее подходящие для решения поставленной задачи.

Проанализированы характеристики самых распространенных интерфейсов.

Demands for interface data transfer from noise thermometer to PC have been formulated. Characteristics of the popular interfaces have been analysed. Interfaces, which correspond the most to solve the raised problem, have been determined.

Шумові термометри (ШТ) переважно ґрунтуються на методі порівняння [1], методі прямого вимірювання корисного сигналу [2, 3] та перспективному класі ШТ з детектором типу SQUID (надпровідний інтерференційний детектор магнітного поля) [4, 5]. Кожний з цих методів має свої переваги та недолїки і використо-

ується залежно від вимог і умов вимірювання температури.

Дослідження, описані в [6], показали, що найперспективнішим для виготовлення промислового зразка ШТ є метод прямого вимірювання шумової напруги. Структурну схему такого термометра подано на рисун-

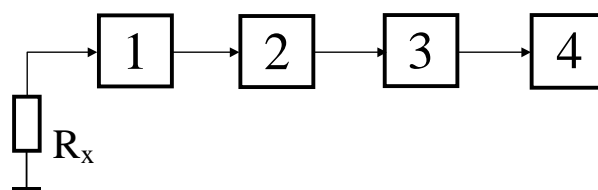
ку. Основними перевагами цього методу вимірювання є висока швидкодія перетворення, простота та компактність схемної реалізації термометра. Його можна конструктивно виготовити як завершений прилад, який не потребує будь-яких зовнішніх приладів чи установок, які б займалися обслуговуванням роботи термометра, що потрібно для термометрів на основі методу заміщення та компенсаційного методу. Розширення смуги пропускання ШТ дає змогу збільшити значення корисного сигналу і тим самим зменшити час вимірювання, що неможливо зробити за допомогою методів порівняння, де потрібен певний і досить тривалий період для зрівноваження двох сигналів – вимірюваного та зразкового.

Основним недоліком ШТ прямого вимірювання є те, що похибки перетворення вимірюваного сигналу кожною ланкою, наприклад, підсилювачем, перемножувачем і так далі прямо входять у похибку вимірювання. Тому потрібно використовувати у тракці перетворення вимірювальні ланки із стабільним коефіцієнтом передачі вимірюваного сигналу.

Найнестабільнішою ланкою ШТ є аналоговий перемножувач 2. Особливо велику похибку перетворення отримуємо, перемножуючи сигнали низького рівня. Оскільки корисний сигнал має характер випадкових флуктуацій щодо нульового рівня, то перемноження сигналів низького рівня відбувається досить часто, що істотно збільшує похибку вимірювання корисного сигналу.

Для покращання метрологічних характеристик ШТ запропоновано операцію перемноження та усереднення виконувати у цифровій формі. Структурна схема такого ШТ практично не відрізняється від зображеної на рисунку з тією лише відмінністю, що блоком 2 є аналого-цифровий перетворювач, 3 – інтерфейс передачі даних, 4 – персональний комп'ютер.

Використання такої структури ШТ потребує правильного вибору інтерфейсу – зокрема, такого його параметра, як швидкість передачі даних.



Структурна схема термометра прямого вимірювання: R_x – первинний перетворювач; 1 – підсилювач змінної напруги-смуговий фільтр; 2 – перемножувач; 3 – пристрій усереднення; 4 – вольтметр сталої напруги

Оптимальний діапазон робочих частот корисного сигналу лежить в межах 100–200 кГц [6] з можливістю підвищення верхньої межі до 1 МГц. Частота дискретизації повинна бути як мінімум вдвічі більшою за частоту верхньої межі корисного сигналу. Тому потрібно виконувати дискретизацію з частотою 2 МГц. Для зменшення похибки дискретизації за рівнем напруги використовуються 16-розрядні АЦП.

У такому разі потрібно передавати $16 \times 2 = 32$ Мбіти інформації за секунду. Використовуючи кореляційний підсилювач, який дає змогу зменшити похибку, зумовлену власними шумовими напругами підсилювальних елементів [6], необхідно виконувати дискретизацію шумової напруги по двох каналах. Відповідно кількість інформації, яку потрібно передати від приладу до комп'ютера, зростає до 64 Мбіт за секунду.

У таблиці подано технічні характеристики сучасних швидких інтерфейсів передачі даних.

На підставі попереднього аналізу ШТ можна сформулювати такі вимоги до інтерфейсу передачі даних. По-перше, швидкість передачі даних повинна бути не меншою за 64 Мбіт/с (два канали розрядністю по 16 біт і частотою дискретизації 2 МГц). По-друге, обов'язково потрібна гальванічна розв'язка ШТ з персональним комп'ютером (ПК) для захисту від завади, яка зумовлена протіканням паразитних струмів цифрових кіл ПК через вхідні кола ШТ. По-третє інтерфейс повинен забезпечувати зв'язок між персональним комп'ютером та приладом на відстані 2–3 метри (для зменшення впливу електромагнітної завади від ПК).

Характеристики основних сучасних інтерфейсів

Назва інтерфейсу	PCI	Ethernet	USB	FireWire
Пропускна здатність	1.056 Гбіт/с	1 Гбіт/с	480 Мбіт/с	3.2 Гбіт/с
Гаряче під'єднання	Ні	Так	Так	Так
Гальванічна розв'язка	немає	є	немає	легко реалізується
Спосіб передачі даних	паралельний	послідовний	послідовний	послідовний

Серед найпоширеніших інтерфейсів передачі даних найпридатніші для вирішення цього завдання PCI, Ethernet, USB і FireWire.

PCI. Шина PCI (Peripheral Component Interconnect) сьогодні є однією з найпоширеніших внутрішніх комп'ютерних шин. У кожному персональному комп'ютері є три і більше слотів PCI. Поширеність цього інтерфейсу робить його найпридатнішим для використання в системах збирання даних. Шина PCI дає змогу передавати дані з теоретичною пропускною здатністю до 1,056 Гбіт/с.

Проте PCI не забезпечує з'єднання приладу та комп'ютера на відстані. Вимірювальні плати потрібно встановлювати всередину системного блока, неможливо реалізувати гальванічну розв'язку, що погіршує завадостійкість приладу.

Ethernet. Ethernet найчастіше використовують у домашніх мережах та в офісах. Він може застосовуватись також для з'єднання пристроїв збирання даних. Використання виткої пари дає змогу збільшити швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с. Побудова мережі на основі Ethernet є найдешевшою серед розглянутих інтерфейсів, що робить доцільним його використання у вимірювальних приладах.

Проте система Ethernet має громіздкий протокол обміну, який складно реалізувати з боку приладу.

USB. Universal Serial Bus (USB) [7] була з самого початку розроблена для під'єднання периферійних пристроїв, таких, як клавіатура і "миша" до ПК. Проте доведена придатність інтерфейсу для інших застосувань, включаючи вимірювання та автоматизацію. USB забезпечує недороге нині у використанні під'єднання систем збирання даних та пристроїв до ПК. USB дає можливість передавати дані в ізохронному (з гарантованим часом доставки та пропускною здатністю) і асинхронному (з гарантованим збереженням даних) режимах.

Пристрої, які під'єднують, використовуючи USB, підтримують гарячу заміну, що дає змогу під'єднувати чи від'єднувати вимірювальні пристрої, не вимикаючи ПК. Шина також забезпечує автоматичне визначення пристроїв, причому користувач не повинен вручну конфігурувати пристрій після під'єднання. Програмне забезпечення операційної системи розпізнає пристрій і встановлює його без втручання користувача. Інтерфейс USB 2.0 забезпечує швидкість передачі інформації до 480 Мбіт/с.

Недоліком USB є відсутність гальванічної розв'язки. Проте її можна легко реалізувати, виконавши гальванічну розв'язку контролера USB від інших цифрових кіл приладу, притому контролер і гальванічна розв'язка можуть живитися від самої шини USB.

FireWire. Інтерфейс FireWire є високопродуктивною послідовною шиною. Подібно до USB, FireWire уможливорює гарячу заміну і автоматичне розпізнавання зовнішніх пристроїв, здатний передавати дані як в ізохронному, так і в асинхронному режимах. Специфікація IEEE 1394a забезпечує швидкість передачі даних до 400 Мбіт/с, сучасніша специфікація IEEE 1394b – до 3,2 Гбіт/с, що є більшим, ніж теоретична пропускна здатність PCI. Передбачена можливість реалізації гальванічної розв'язки, яка на серійних контролерах FireWire не використовується.

Порівняно з шиною USB апаратна та програмна реалізація інтерфейсу FireWire є складнішою.

Серед розглянутих інтерфейсів найпридатнішими для розв'язання поставленої задачі є шини USB і FireWire. Обидві є зовнішніми шинами, які дають змогу з'єднати персональний комп'ютер та прилад на відстані, уможливають реалізацію гальванічної розв'язки аналогової та цифрової частин ППТ та з надлишком забезпечують потрібну швидкість передачі даних.

1. Garrison I.B., Lawson A.W. *The absolute noise thermometer for the high temperature and pressure*// *Rev.Sci.Instr.* – 1949. – Vol.20. – № 11. 2. Корндорф С.Ф., Подорольський А.Н. *Термофлюктуационный метод измерения интегральной по толщине температуры диэлектрика* // *Измерительная техника.* – 1970. – № 12. 3. Стадник Б.І., Микитин І.П. *Термошумовий термометр* // *Вісник ДУ "Львівська політехніка"*. – 1997. – № 314. – С. 85–89. 4. Nawrocki W. *Rauschthermometer mit SQUID-Sensor. Temperatur`89, Kammer der Technik Suhl, Tagungsband 92, Teil 2.* – 1989. – S.253-259. 5. Soulen Jr. R.J., Fogle W.E., Colwell J.H. *A decade of absolute noise thermometry at NIST using a resistive SQUID. Temperature, Its Measurement and Control in Science and Industry. Vol.6, Part 2, American Institute of Physics, 1992.* – S. 983–988. 6. Микитин І.П. *Термошумовий термометр: Дис. канд. техн. наук: 05.11.04.* – Львів, 2000. – 131 с. 7. *Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, Philips Universal Serial Bus Specification Revision 2.0 April 27, 2000.*