

розпаду. Це разом з низькими значеннями температур у контрольованих точках дало змогу зробити висновок про безпечний поточний стан об'єкта "Укриття".

2. Кількісна оцінка теплового балансу реактора № 4, що охолоджується, дала змогу визначити нижню границю кількості ядерного палива, що залишилося в реакторі. Із довірчою ймовірністю 0,965 ця кількість перевищує 87 % від паливного завантаження, що перебувало в реакторі № 4 на момент аварії.

3. Детальне теплотиметричне обстеження приміщень, що прилягають до шахти реактора, й огорожувальних будівельних конструкцій самої шахти, дало змогу, з одного боку, оптимізувати розміщення перетворювачів оперативного контролю та, з іншого боку, показало наявність ділянок з підвищеними значеннями густин теплових потоків і температур, тим самим допомогло визначити актуальні напрямки подальших діагностичних досліджень.

1. Геращенко О.А. Основы теплотиметрии. – К., 1971. 2. Приборы для теплофизических измерений // Каталог Ит-та проблем энергосбережения НАН Украины. – К., 1991. 3. Геращенко О.А., Декуша Л.В., Гурьянов Л.А., Лукашевич Л.А., Василевская В.В. Приборы для контроля теплового состояния объекта "Укрытие" // Инженерно-физический журнал. – 1996. – Т. 69. – № 2. 4. Геращенко О.А., Бузынюк В.Т., Грищенко Т.Г., Кожевников И.Г. Прибор для измерения тепловых потоков через ограждающие конструкции // Сб. трудов НИИСФ Госстроя СССР "Строительная

теплофизика. Микроклимат и теплоизоляция". – М., 1979. – С. 127-131. 5. Геращенко О.А., Декуша Л.В., Грищенко Т.Г., Лукашевич Л.А., Василевская В.В. Комплекс теплотермометрической аппаратуры для диагностики разрушенного энергоблока ЧАЭС // Сб. "Проблеми Чорнобильської зони відчуження". Т. 5. – К., 1998. – С. 187-193. 6. Геращенко О.А., Аракелян М.А. Автономное малогабаритное устройство для экспресс-диагностики теплового состояния объекта // Мера-90: Докл. междунар. конф. с выставкой. – М., 1990. – Ч. 2. – С. 233-238. 7. Геращенко О.А., Гурьянов Л.В., Лукашевич Л.А. Нестандартизованная статическая характеристика термопреобразователя сопротивления // Проблемы энергосбережения. – 1991. – № 6. – С. 12-14. 8. Геращенко О.А., Грищенко Т.Г., Декуша Л.В. Аппаратура для метрологической аттестации преобразователей теплового потока // Тезисы докладов VII Всеакадемической школы по проблемам метролог. обеспечения и стандартизации. – Фрунзе: АН Киргизской ССР, 1989. 9. Грищенко Т.Г., Декуша Л.В., Сало В.П., Ланий А.В. Аппаратура для метрологической аттестации первичных преобразователей // Сб. науч. трудов "Теплотиметрия и теплосбережение". – К., 1991. – С. 64-69. 10. Грищенко Т.Г., Декуша Л.В., Гринченко Г.П., Воробьев Л.И., Мазуренко А.Г. Микрокалориметр для измерения тепловыделения топливосодержащих масс // Сб. "Проблеми Чорнобильської зони відчуження". – К., 1998. – С. 182-187.

УДК 536.532

ПЕРЕВІРКА ТЕРМОПАР ЗА ДОПОМОГОЮ ЕФЕКТУ ПЕЛЬТЬЄ

© Віктор Лозбін^{1,2}, Володимир Столярчук¹, 2003

¹Національний університет "Львівська політехніка", кафедра "Метрологія, стандартизація та сертифікація", вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна,

²Люблінська політехніка, Люблін, Польща

Розглянуто метод визначення термоелектродвижущей силы термопары з використанням ефекту Пельтьє.

Представлен метод определения термоэлектродвижущей силы термопары с использованием эффекта Пельтьє.

The method of definition of thermoelectromotive force of the thermoelectric couple is submitted, using effect Peltie.

Постановка задачі. Перевірка параметрів термопар під час їх роботи без демонтажу має велике практичне значення і розробленню відповідних методів приділяється багато уваги [1]. Відомим є метод

перевірки за допомогою ефекту Пельтьє, який полягає в тому, що через з'юот термопары пропускається імпульс струму, який через теплоту Пельтьє збільшує або зменшує температуру з'юоту. Температура з'юоту

змінюється в нестационарному режимі і параметри цього процесу залежать від багатьох чинників: умов встановлення термопари, зміни властивостей, геометричних розмірів, умов теплообміну.

Розв’язання задачі. В цій роботі розглядається випадок, коли термопара промислового виконання знаходиться в газовому середовищі захисного чохла, безпосередньо контактуючи з поверхнею твердого тіла. Якщо через з’лут проходить сталий струм I , утворюється теплота Пельтьє $Q_{II} = I\alpha T_3 \tau_o$, де α – коефіцієнт ТЕРС, T_3 – температура з’луту, τ_o – час проходження струму. Припустимо, що початкова температура провідників термопари є сталюю, утворення теплоти Джоуля призводить до рівномірного підвищення температури, отже, підвищення температури за рахунок теплоти Пельтьє може бути відраховане від цього рівня. З’лут термопари має певну товщину 2δ , в якій утворюється теплота Пельтьє, тоді збільшення температури може бути подано як результат дії миттєвого джерела в одновимірному тілі [2]:

$$\theta(x, \tau) = \frac{b}{\sqrt{4\pi a(\tau - \tau_o)}} \exp\left[-\frac{x^2}{4a(\tau - \tau_o)}\right]. \quad (1)$$

Стала b може бути визначена через повну кількість теплоти Пельтьє $q = \alpha I T \tau$ як кількість тепла, що утворюється в перерізі ξ товщиною $d\xi$ $d\varphi$ у момент часу φ :

$$b = \frac{j\alpha T_o}{2\delta c\gamma} d\varphi d\xi,$$

де j – густина струму, T_o – початкова температура. Тоді вираз (1) набере вигляд:

$$T = \frac{j\alpha T}{2\delta c\gamma} \frac{1}{\sqrt{4\pi a(\tau - \varphi)}} \exp\left[-\frac{(x - \xi)^2}{4a(\tau - \varphi)}\right] d\varphi d\xi. \quad (2)$$

Повний приріст температури становитиме

$$t(x, \xi, \tau) = T(x, \xi, \tau) + \frac{j^2 \rho \tau}{c\gamma}.$$

Величина $T(x, \xi, \tau)$ – це приріст температури внаслідок виділення в термопарі певної кількості тепла – як за рахунок теплоти Пельтьє в зоні контакту, так і за рахунок теплоти Джоуля. Остання виділяється в будь-якій точці термопари і в першому наближенні, якщо вважати, що властивості обох матеріалів термопари

однакові (крім α), становить $q_j = \frac{j^2 \rho \tau}{c\gamma}$, де j – густина струму, ρ – питомий опір.

Температура в перерізі x за час $\tau > \varphi$ може бути визначена інтегруванням (2) за φ та ξ :

$$T = \frac{j\alpha T}{4\delta c\gamma \sqrt{\pi a}} \int_0^\tau \frac{1}{\sqrt{(\tau - \varphi)}} \times \int_{-\delta}^{+\delta} \exp\left[-\frac{(x - \xi)^2}{4a(\tau - \varphi)}\right] d\xi \cdot d\varphi. \quad (3)$$

Обчислимо спочатку інтеграл

$$I = \int_{-\delta}^{+\delta} \exp\left[-\frac{(x - \xi)^2}{4a(\tau - \varphi)}\right] d\xi,$$

зробивши заміну змінної $y = \frac{x - \xi}{\sqrt{2a(\tau - \varphi)}}$, отримаємо

$$I = -\sqrt{2a(\tau - \varphi)} \int \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy.$$

Нехай $y_1 = \frac{x - \delta}{\sqrt{2a(\tau - \varphi)}}$; $y_2 = \frac{x + \delta}{\sqrt{2a(\tau - \varphi)}}$.

Оскільки значення x змінюється від $-\delta$ до $+\delta$, то максимальне значення y не може перевищити $2\delta / \sqrt{2a(\tau - \varphi)}$. Наприклад, для хромель-копелевої термопари $a \approx 0,4 \cdot 10^{-6}$ м/с. Якщо прийняти $\delta \approx 0,01$ мм і $\tau - \varphi \geq 0,1$ с, отримаємо, що $y \approx 0,7$, що менше від одиниці. Тоді, розклавши підінтегральний вираз в ряд і обмежившись квадратним членом (неврахування наступного дає похибку $\sim 3\%$), отримаємо

$$I = 2\delta \left[1 - \frac{3x^2 + \delta^2}{2a(\tau - \varphi)} \right].$$

Далі, інтегруючи за φ , одержимо вираз для середньої температури з’луту:

$$\bar{T} = \frac{j\alpha T_o}{c\gamma \sqrt{\pi a}} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau - \tau_o}). \quad (4)$$

Вираз (4) – це приріст температури за рахунок теплоти Пельтьє. З урахуванням підвищення температури за рахунок теплоти Джоуля і початкової температури загальний вираз з’луту буде мати вигляд:

$$\bar{T}(\tau) = T_o + \frac{j\alpha T}{c\gamma \sqrt{\pi a}} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau - \tau_o}) + \frac{j^2 \rho \tau_o}{c\gamma}. \quad (5)$$

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 вимірних 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-