

Висновки

У результаті проведених досліджень і аналізу отриманих результатів автори дійшли висновку, що флікер-шуми у дослідних зразках на основі резистивних елементів 1%-го розчину NaCl і резисторів типу МЛТ є некорельованими. Не спостерігається також частотної залежності нормованих коефіцієнтів кореляції шумів в діапазоні частот 1,5 – 3000,0 Гц. На тій підставі можна стверджувати, що флікер-шум генерується у самих дослідних зразках, а не є наслідком впливу на шуми зразків зовнішніх геофізичних чи космофізичних процесів.

1. Жвирблис В. Загадка фликер-шума // “Знание–сила”, 1983. – №9. – С. 36–39. 2. Коган Ш.М. Низкочастотный токовый шум со спектром типа $1/f$ в твердых телах // Успехи физических наук. – 1985. – Т. 145. – Вып. 2. – С. 285–325. 3. Black R.D., Weisman M.B., Fliegel F.M. – Ibidem, 1981, v. 24, p. 7454. 4. Scofield J.H., Darling D.H., Webb W.W. – Ibid, p. 7450. 5. Александров В.С., Баденко Л.А., Снегов В.С. Макроскопические флуктуации плотности воды // Измерительная техника. – 2004. – №3. – С. 54–56. 6. Колодій З.О. Нестационарність низькочастотних флуктуацій в провідниках з різним характером електропровідності // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2000. – №56. – С. 34–37.

УДК 536.5

В.О. Фединець

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ЗАСАДИ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

© Фединець В.О., 2007

Запропоновано загальні засади конструкторсько-технологічної оптимізації перетворювачів температури високошвидкісних газових потоків. Визначено критерії оптимальності та функції обмежень залежно від мети і характеру вимірювань.

The general bases of design-technological optimization of converters of temperature of high-speed gas streams are offered. Criteria of an optimality and function of restrictions are determined depending on the purpose and character of measurements.

Вступ

Сучасні методи досліджень теплообміну високошвидкісних газових потоків потребують постановки достатньо складних і дорогих експериментів. Тому завдання створення якісно нових вимірювальних перетворювачів температури (ПТ), що забезпечували б високу точність вимірювання і в результаті підвищували ефективність експерименту та зменшували терміни його проведення, є достатньо актуальним. З ускладненням експерименту ускладнюються і умови експлуатації ПТ, для яких і висуваються вимоги щодо їхніх якісних показників.

Тому при заданих обмеженнях стає необхідним побудова оптимальних конструкцій ПТ, які забезпечували б мінімальну похибку при дії на них змінних за часом входних і впливних факторів, які, як правило, є випадковими функціями часу. Розв’язання задачі оптимізації конструкції ПТ дає змогу знайти оптимальне управління вибраним показником якості вже на стадії його проектування.

Аналіз публікацій

Загальним питанням оптимізації вимірювальних систем присвячено багато публікацій [1 – 4], але практично в жодній з них не вирішуються питання побудови оптимальних систем для конкретних видів та умов вимірювань. Недостатньо уваги приділено поетапній оптимізації, відсутня інформація про оптимізацію систем з випадковими моделями вимірювальних перетворювачів тощо.

Виклад основного матеріалу

Задача оптимізації розглядається як задача визначення структури, параметрів і класу моделі ПТ, яка забезпечує оптимум наперед вибраного критерію якості за наявності впливних факторів і заданих обмежень.

Під час оптимізації ПТ застосуємо математичні моделі досліджуваного процесу і впливних факторів, отримані на основі відомих теоретичних даних і експериментальних досліджень. Сучасні технічні засоби дають змогу відтворювати реалізацію досліджуваного процесу тільки в обмеженій області його зміни. Але у випадку проведення багатьох досліджень практичний інтерес, як правило, становить не весь процес, а лише його певна обмежена ділянка. Причому залежно від характеру вирішуваних завдань одному і тому самому процесу можуть бути приписані різні математичні моделі. Прийнята модель процесу в основному і визначає задачу вибору оптимальної конструкції ПТ.

Температурний процес у високошвидкісних газових потоках є нестационарним випадковим процесом. Структура процесу визначається в основному структурою випадкових збурень, обумовлених різноманітними факторами. При цьому всі випадкові збурення однієї фізичної природи з корисним сигналом на вході ПТ розглядаємо як впливи, що підлягають вимірюванню, тобто як корисний сигнал. При вимірюванні температури високошвидкісних газових потоків практичний інтерес становить температура його повного гальмування $T_0(\tau)$, що визначається відомою залежністю [5]:

$$T_0(\tau) = T(\tau) \left[1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2(\tau) \right], \quad (1)$$

де $T(\tau)$ – термодинамічна (статична) температура газового потоку; k – показник адіабати; $M(\tau)$ – число Маха набігаючого потоку.

Температура гальмування $T_{ПТ}(\tau)$ на поверхні ПТ визначається як

$$T_{ПТ}(\tau) = T(\tau) \left[1 + r \frac{k-1}{2} \cdot M^2(\tau) \right], \quad (2)$$

де $r = \frac{T_{ПТ}(\tau) - T(\tau)}{T_0(\tau) - T(\tau)}$ – коефіцієнт відновлення (гальмування) ПТ.

Перехід від температури гальмування $T_{ПТ}(\tau)$ на поверхні ПТ до температури повного гальмування газового потоку $T_0(\tau)$ визначається через коефіцієнт якості N , який характеризує частку повної енергії газового потоку, що сприймається ПТ:

$$N = \frac{T_{ПТ}(\tau)}{T_0(\tau)} = \frac{1 + r \frac{k-1}{2} \cdot M^2(\tau)}{1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2(\tau)}. \quad (3)$$

Як видно із (2), інформативний вхідний процес, що визначається температурою $T_{ПТ}(\tau)$, залежить від процесів, які визначаються статичною термодинамічною температурою $T(\tau)$, числом Маха $M(\tau)$ набігаючого потоку, а також від характеру і величини зміни коефіцієнта відновлення r і показника адіабати k набігаючого потоку.

У загальному випадку $T(\tau)$ і $M(\tau)$ є нестационарними випадковими процесами. Коефіцієнт відновлення r також є нестационарним, оскільки залежить від $M(\tau)$. Тому процес $T_0(\tau)$ згідно з (1) і процес $T_{ПТ}(\tau)$ згідно з (2) також є нестационарними випадковими.

Отже, в загальному випадку як робочу модель інформативного вхідного процесу можна прийняти нестационарну скалярну модель з обмеженою потужністю і шириною спектра.

Основними показниками якості ПТ в кожному конкретному випадку може бути точність, надійність, стійкість до вимірюваного середовища, габаритні розміри, маса, зручність під час монтажу та експлуатації тощо. Залежно від мети і характеру проведення вимірювань цей або інший показник може бути визначальним і застосовуватися як критерій оптимальності. Інші показники повинні розглядатися як обмежувальні.

Якщо висуваються високі вимоги до достовірності вимірювальної інформації, то визначальним показником є точність (динамічна точність при вимірюванні нестационарних температур). У цьому випадку основна задача конструювання зводиться до забезпечення оптимальної точності і виконанні умов фізичної реалізації конструкції, достатньої надійності та допустимих габаритних розмірів і маси. Перевищення величини оптимальної точності може призвести до різкого зниження інших якісних показників і непридатності конструкції до застосування. Границя області оптимізації точності повинна визначатися вимогами до проведення досліджень.

Показники якості, що характеризують габаритні розміри, масу та зручність при монтажі і експлуатації визначаються на етапах вибору фізичного принципу вимірювання і вибору конструкції.

Надійність розглядається як властивість ПТ безвідмовно виконувати свої функції із збереженням точності у заданих межах. Вона обумовлена експлуатаційною надійністю, що визначається, наприклад, імовірністю безвідмовної роботи і метрологічною надійністю, за якої метрологічні характеристики ПТ знаходяться в допустимих межах за певних умов експлуатації за певний час. Для підвищення надійності під час конструювання повинні бути передбачені блочно-модульний принцип конструювання, резервування найвідповідальніших елементів та регулярна метрологічна перевірка в процесі експлуатації.

Для вимірювання температури гальмування газового потоку найширше застосовують ПТ, конструкції яких зображено на рис. 1. Конструкції відрізняються між собою за виходом газового потоку із камери гальмування. В конструкції на рис. 1, а газ виходить через два бокові отвори в стінках екрана в кінці камери гальмування. В іншій конструкції (рис. 1, б) – через зазори між ізоляційною трубкою і стінкою екрана.

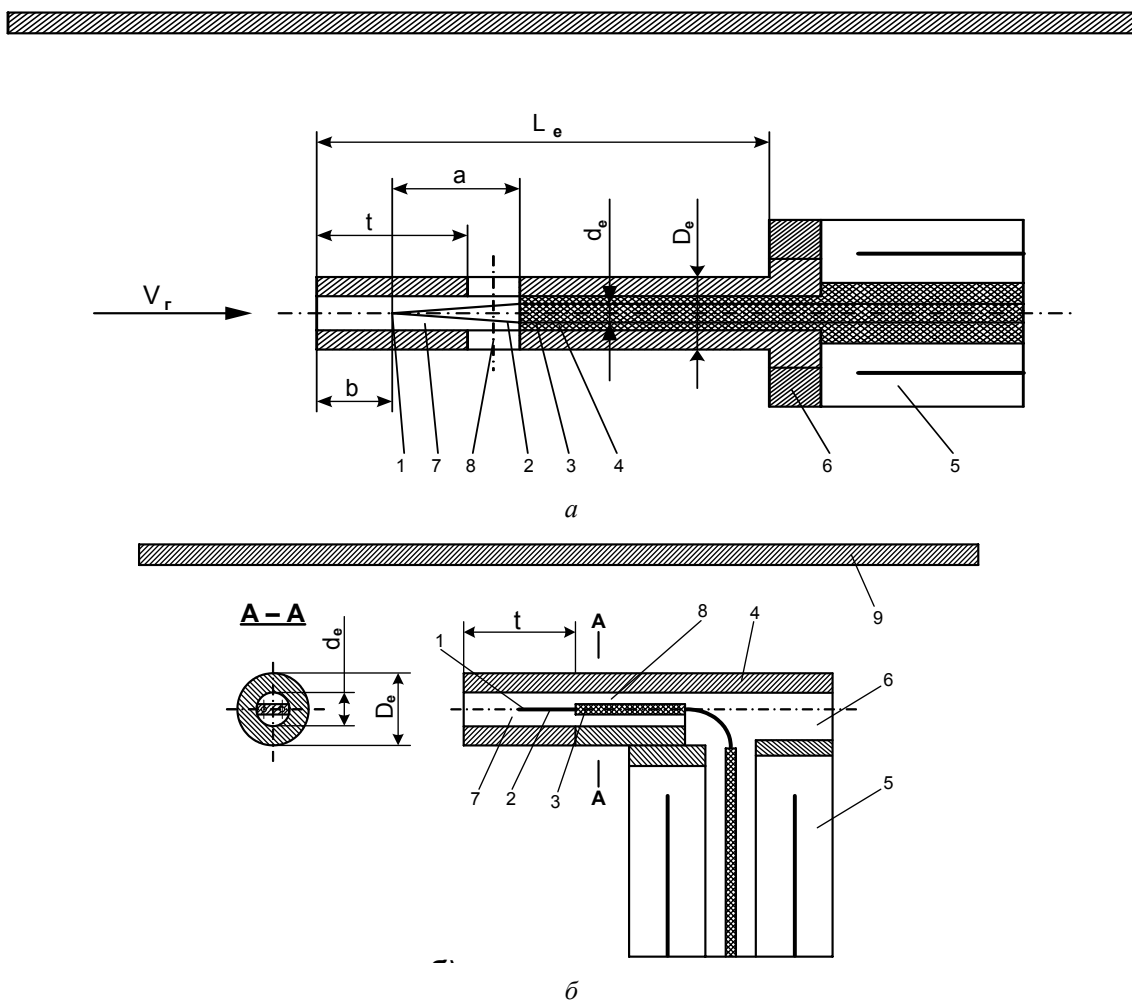


Рис. 1. Схематичні конструкції ПТ з виходом газового потоку:

а – через бокові отвори в стінках екрана; б – через поздовжні зазори:

1 – робочий спай; 2 – терморпара; 3 – електроізоляційна трубка; 4 – екран;

5 – водоохолоджуваний корпус термозонда; 6 – втулка для кріплення екрана до корпусу;

7 – камера гальмування газового потоку; 8 – отвори для виходу газу; 9 – стінка трубопроводу

У загальному випадку похибку перетворення ПТ $\Delta(\tau)$ можна подати як різницю вихідних інформативних сигналів реального $y_{ПТ}(\tau)$ й ідеального (гіпотетичного) $y_{ПТ\text{іо}}(\tau)$ ПТ у вигляді

$$\Delta(\tau) = y_{ПТ}(\tau) - y_{ПТ\text{іо}}(\tau). \quad (4)$$

Вихідний сигнал $y_{ПТ}(\tau)$ реального ПТ можна подати як

$$y_{ПТ}(\tau) = X(\tau) \cdot Q_{ПТ}(z) \pm \xi(\tau), \quad (5)$$

де $X(\tau)$ – вхідний інформативний сигнал ПТ; $Q_{ПТ}(z)$ – оператор перетворення (математична модель) реального ПТ; z – множина впливних факторів; $\xi(\tau)$ – узагальнена завада, зведена до входу ПТ.

За аналогією

$$y_{ПТ\text{іо}}(\tau) = X(\tau) \cdot Q_{ПТ\text{іо}}(z), \quad (6)$$

де $Q_{ПТ\text{іо}}(z)$ – оператор перетворення ідеального ПТ; який можна розглядати як деякий масштабний коефіцієнт передавання.

Оператор перетворення реальних ПТ характеризує процес перетворення інформативного сигналу в ньому з врахуванням динамічних спотворень, завад і впливних факторів. Процес перетворення сигналів в ПТ є досить складним. Тому для зручності проведення аналізу ПТ пропонується подати у вигляді окремих елементарних ланок зі своїми операторами перетворення. Причому за елементарну ланку необхідно приймати сукупність способів і засобів перетворення, що об'єднуються за характерними ознаками.

Оператор перетворення реального ПТ можна подати у вигляді сукупності операторів окремих ланок з послідовним перетворенням сигналів:

$$Q_{ПТ}(z) = \prod_{i=1}^n Q_{ПТi}(z), \quad (7)$$

де $Q_{ПТi}(z)$ – оператор перетворення i -ї елементарної ланки; $i = 1, 2, \dots, n$ – кількість ланок.

Тоді

$$y_{ПТ\text{іо}}(\tau) = X(\tau) \cdot \prod_{i=1}^n Q_{ПТ\text{іо}i}; \quad (8)$$

$$y_{ПТ}(\tau) = X(\tau) \cdot \prod_{i=1}^n Q_{ПТi}(z) \pm \xi(\tau). \quad (9)$$

За такого подання ПТ зручно проводити поетапну оптимізацію за ланками його еквівалентної схеми. Критерій оптимальності, функції обмежень та впливаючі фактори для кожної ланки можуть бути різними.

Для ПТ газових потоків еквівалентну схему перетворення можна подати у вигляді трьох послідовно з'єднаних ланок (підсистем): газодинамічної, теплової та електричної (рис. 2). Газодинамічна підсистема перетворює термодинамічну температуру $T(\tau)$ газового потоку на вході ПТ в температуру гальмування $T_{ПТ}(\tau)$ на вході в термочутливий елемент. Теплова підсистема перетворює цю температуру в рівноважну температуру $T_{РПТ}(\tau)$ термочутливого елемента, що виражає його ентальпію. Електрична підсистема перетворює температуру $T_{РПТ}(\tau)$ у вихідний електричний сигнал $y_{ПТ}(\tau)$.

Тоді залежності (7 – 9) набудуть вигляду:

$$Q_{ПТ}(z) = Q_{ГС}(z_{ГС}) \cdot Q_{ТС}(z_{ТС}) \cdot Q_{ЕС}(z_{ЕС}); \quad (10)$$

$$y_{ПТ\text{іо}}(\tau) = X(\tau) \cdot Q_{ГС} \cdot Q_{ТС} \cdot Q_{ЕС}; \quad (11)$$

$$y_{ПТ}(\tau) = X(\tau) \cdot Q_{ГС}(z_{ГС}) \cdot Q_{ТС}(z_{ТС}) \cdot Q_{ЕС}(z_{ЕС}) \pm \xi(\tau). \quad (12)$$

Визначальною характеристикою газодинамічної підсистеми є коефіцієнт відновлення ПТ, і оптимізація газодинамічної системи повинна містити визначення способів і засобів, що забезпечують постійність коефіцієнта відновлення за наявності завад і прийнятих обмежень.

Математична модель теплової підсистеми відповідає математичній моделі теплообміну чутливого елемента, яка повинна складатися з врахуванням його теплової взаємодії з елементами конструкції ПТ, навколишніми тілами і середовищем, а також можливою наявністю внутрішніх джерел

тепла. Тому для оптимізації теплової підсистеми необхідно скласти повну схему теплообміну чутливого елемента, проаналізувати кожну складову і визначити вимоги до конструкторсько-технологічних рішень ПТ, які забезпечували б оптимізацію математичної моделі теплової підсистеми.

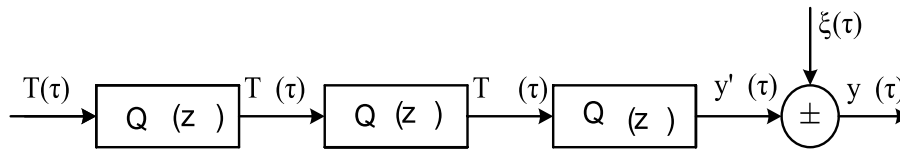


Рис. 2. Еквівалентна схема перетворення ПТ газового потоку

У загальному випадку вихідний сигнал електричної підсистеми є функцією сигналу, що надходить на її вхід з теплової підсистеми, і множини власних завад, обумовлених змінами фізичних властивостей матеріалів ПТ внаслідок структурних перетворень під дією вимірюваного середовища, термодинамічних шумів тощо. За невеликого рівня завад (порівняно з рівнем вхідного сигналу) оператор $Q_{EC}(z_{EC})$ перетворення підсистеми можна вважати постійною величиною, числове значення якого визначатиметься законом перетворення і не залежатиме від конструкції ПТ.

1. Боднер В.А. Приборы первичной информации. – М.: Машиностроение, 1981. – 341 с.
2. Петров В.В., Усков А.С. Основы динамической точности автоматических информационных устройств и систем. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
3. Петров В.В., Усков А.С. Информационная теория синтеза оптимальных систем контроля и управления. – М.: Энергия, 1975. – 274 с.
4. Шукицунув В.Е. Корректирующие звенья в устройствах измерения нестационарных температур. – М.: Энергия, 1970. – 118 с.
5. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Л.: Энергия, 1987. – 299 с.

УДК 343.41

В.М. Іванюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра захисту інформації

УНІФІКАЦІЯ СТРУКТУРИ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ СТАНУ АБОНЕНТСЬКИХ ТЕЛЕФОННИХ ЛІНІЙ

© Іванюк В.М., 2007

Розглянуто актуальність та проблеми створення засобів виявлення гальванічних під'єднань до телефонної лінії. Запропоновано структурні схеми систем комплексного контролю фізичних параметрів абонентської телефонної лінії, що ґрунтуються на цифровому обробленні сигналів і забезпечують високий рівень уніфікації.

In this article an actuality and problems of creation of facilities for detection the galvanic connections to the telephone lines are considered. The structure diagrams of the complex checking physical parameters of telephone lines systems, which are based on digital signal processing and provide the high level of unification, are offered.

Аналіз останніх публікацій та постановка задачі

Засоби телефонного зв'язку характеризуються наявністю різноманітних технічних каналів витоку інформації.

Джерелом небезпечного сигналу є сам телефонний апарат і лінія зв'язку. Телефонна лінія є практично незахищеною за всією довжиною [1, 2, 3].

Проте найуразливішими з погляду несанкціонованих під'єднань є дві ділянки абонентської лінії – від розподільчої шафи до розподільчої коробки та від коробки до абонентського телефонного апарату.