

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний Інститут"

На правах рукопису
УДК 621. 317

ГАЛКІН ЛЕВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН
ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАННЯМ

Спеціальності 05.11.13 - Прилади і методи контролю та захисту навколишнього середовища, речовин, матеріалів та виробів.
05.11.16 - Інформаційно - вимірвальні системи / промисловості /

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеню
доктора технічних наук

Київ - 1995

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний Інститут"

На правах рукопису

УДК 621.317

ГАЛКІН ЛЕВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

**МЕТОДИ КОНТРОЛЮ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН
ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАННЯМ**

Спеціальності 05.11.13 - Прилади і методи контролю та захисту навколишнього середовища, речовин, матеріалів та виробів.

05.11.16- Інформаційно - вимірвальні системи / промисловості /

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеню
доктора технічних наук

Київ - 1995

001.215.9.127
004
ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00761242 (M)

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана на кафедрі теоретичної мікроелектроніки та механіки Київського національного університету імені Шевченка.

Науковий консультант: доктор технічних наук,
професор Скрипник Ю. О.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Туз Ю. М.
доктор технічних наук,
професор Кравченко О. О.
доктор технічних наук,
професор Себюк В. П.

Провідна організація: НДІ "Буран", м. Київ

Захист відбудеться "17" 10 1995 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.02.14 при Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" за адресою: 252056, Київ, пр. Перемоги, 37, корпус 1.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий "14" 09 1995 г.
Відгуки на автореферат (у двох примірниках, засвідчених печаткою) просимо направляти на адресу інституту вченому секретарю спеціалізованої ради.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к. т. н. проф.

В. П. Бабак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. В метрологічній науці до цього часу нарівні з докладно розробленою теорією вимірjuвальних перетворювачів відсутня фізична теорія вимірjuвального перетворення. Її відсутність, по-перше, гальмує розвиток метрології, як науки, особливо в галузі вимірjuвань фізичних величин неелектричної природи (НЕВ) з більш високою точністю, чутливістю, швидкістю; по-друге, деформує розвиток приладобудування, робить дорожчою його продукцію, примушуючи проектувальників шукати засоби підвищення точності вимірjuвання НЕВ та швидкості приладів за інтуїцією на базі емпіричних знань, що одержуються експериментальним шляхом - довгим та дорогим; по-третє, обмежує метрологічну практику використання зрівноваження, як метода підвищення точності результату вимірjuвання неелектричних величин, для яких не може бути застосоване силове зрівноваження, або переривання взаємодії фізичної величини (ФВ) та первинного перетворювача (ПП).

Деформація розвитку приладобудування пов'язана з тим, що розробниками ведеться пошук найкращих рішень в електричній частині датчику для досягнення максимальної точності результатів вимірjuвань, тобто пошук оптимальної електронної структури, що перетворює сигнал або його інформативний параметр від виходу ПП до реєстратора, та яка забезпечує мінімальну зміну сигналу від заважаючих факторів. Обмеження тільки вдосконаленням електронної структури приладів вимірjuвання (НЕВ) викликає свої, неподоланні труднощі: по-перше, необхідність знання ступеню деформації перетворювальної характеристики ПП від зовнішніх впливів та часу, запам'ятовування та використання її у вимірjuвальній процедурі, тобто об'ємних попередніх досліджень; по-друге, подолання обмежень у використанні структурних методів підвищення точності у випадку нелінійної перетворювальної характеристики ПП, тобто введення додаткових елементів корекції, які спрямовують її, або використання можливостей БОМ; по-третє, практично повне виключення можливостей

алгоритмічних та тестових методів, включаючи метод періодичного уведення зразкової ФВ для фізичних величин, взаємодію яких з ПІ перервати неможливо.

Однак, саме метод почергового введення зразкової ФВ надає часової надмірності структурі датчика, дозволяючи різко знизити похибки вимірювань, тому що при цьому автоматично задовольняються умови: по-перше, ідентичності характеристик структури електричного ланцюга для обох сигналів (вимірювального та еталонного), що неможливо для двоканальних ланцюгів; по-друге, автоматичної корекції (калібрування та самокалібрування), особливо під час введення додаткових зразкових сигналів або зразкових елементів; по-третє, комбінування переваг ланцюгів часової та просторової надмірності структури датчика. Останнє особливо легко реалізується з триполюсним ПІ, який виступає елементом замикання прямого та зворотного ланцюгів датчику.

В практиці вимірювального перетворення триполюсними ПІ, одержаними об'єднанням двох двополюсних ПІ в один триполюсний або системним (тензореєстори, вміщені у вакуумний об'єм на катод, що розігрівається), або схемним (замикання двох тензореєсторів в рівні плечі електричної мостової схеми) шляхом. В першому випадку необхідне узгодження параметрів взаємодії на фізичному (чутливість) та конструктивно-матеріальному (термічні коефіцієнти опору, зміна електричного опору та ін.) рівнях, які завнають часових змін, деформуючи характеристику перетворення. У другому випадку до вказаного недоліку додається необхідність періодичної балансування мосту. Усунення цих труднощів, одержання більш простих прецизійних структур приладів для вимірювання НЕВ, пов'язане із створенням триполюсних ПІ, або фізично спряжених двополюсників, які чутливі до впливів рівнорідної природи, по вимірювальному та зрівноважуючому входам. Таким чином, розробка теорії вимірювального зрівноважуючого перетворення в науковій та практичній точок зору необхідна для подальшого розвитку метрології та приладобудування, вдосконалення пізнання фізичних процесів під час взаємодії вимірювальної ФВ та первинного перетворювача.

МЕТОЮ ДАНОЇ РОБОТИ є розробка теорії вимірювального зрівноважуючого перетворення фізичних величин в електричні сиг-

нали; теоретичних положень спряженого вимірювального перетворення; алгоритму розробки фізичної моделі вимірювального перетворення та вимірювальних перетворювачів фізичного зрівноваження (ПЗЗ); методів розрахунку метрологічних параметрів та характеристик ПЗЗ, а також взаємопов'язаність структури ПЗЗ із структурою датчиків неелектричних величин та алгоритмів, що забезпечують просторово-часову інваріантність структури, для реалізації функціональної корекції похибок результатів вимірювань.

ЗАВДАННЯ, які розв'язуються в роботі, такі:

1. Проаналізувати сучасні уявлення про вимірювальне перетворення, виявити та сформулювати основні, початкові поняття про нього як єдиний метод контролю неелектричних величин.

2. Показати взаємопов'язаність ФВ, які взаємодіють у вимірювальному перетворенні із первинним перетворювачем, в термодинамічних, енергетичних та інформаційних позиціях.

3. Опрацювати принцип спряження ФВ у процесі зрівноваження та сформулювати теоретичні положення спряженого вимірювального перетворення.

4. Продемонструвати на існуючих перетворювачах побудову графічних моделей спряженого вимірювального перетворення та зрівноваження ФВ різної природи.

5. Опрацювати алгоритми проектування та розрахунку фізичних моделей вимірювального перетворення та за цією основою - новий тип вимірювальних перетворювачів (ПЗЗ).

6. Простежити, виявити та обґрунтувати взаємопов'язаність структури ПЗЗ із структурою наступних ланцюгів для здійснення методів зниження похибок та стримання функціональної надмірності приладів контролю НЕВ.

7. Показати на прикладах послідовність проектування приладів із спряженими вимірювальними перетворювачами, їх переваги.

НАУКОВА НОВИЗНА роботи полягає:

1. В розробці теорії зрівноважуючого вимірювального перетворення фізичних величин різної природи.

2. В розробці основних теоретичних положень спряженого зрівноваження різнорідних фізичних величин.

3. В розробці моделі вимірювального перетворення та

послідовності розрахунку параметрів та характеристик ПЭС.

4. У встановленні взаємозв'язків фізичних величин спряженого зрівноваження та виміривальних ФВ.

5. У встановленні взаємопов'язаності швидкодії, точності та функціонального порогу чутливості виміривального перетворення.

6. В розробці алгоритму функціональної корекції похибок на базі просторово-часової надмірності структури датчиків в ПЭС.

ДОСТОВІРНІСТЬ ОСНОВНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ забезпечується:

- коректним застосуванням і розвитком сучасних положень термодинаміки, теорії електрики та електричних ланцюгів, математичного аналізу, математичної статистики, теорії інформаційно-виміривальних приладів, теорії надійності;

- коректним використанням наближень та урахуванням факторів навколишнього середовища, які впливають на результати вимірювання при експериментальних дослідженнях;

- узгодженість результатів теоретичних розрахунків з даними експериментальних досліджень.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ розробленої теорії зрівноважувачого виміривального перетворення полягає у наступному:

- запропоновані правила побудови моделі виміривального зрівноважувачого перетворення для активних та пасивних фізичних величин та правила відбору зрівноважувачих спряжених фізичних величин за швидкодією;

- апробовані базові структури датчиків ФВ "речовинної" та "енергетичної" груп;

- апробовані методи розрахунку та побудови датчиків із спряженими ПП, що реалізують принцип просторово-часової надмірності;

- закладені основи проектування прецизійних періодичного порівняння датчиків ФВ будь-якої природи на прикладі витратоміра, термометра, газоаналізатора.

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Результати дисертаційної роботи були використані при створенні прецизійних зрааків виміривальної техніки на Запорізькому підприємстві "Відгук", Київському ВО "Радар", експериментальному заводі інституту кібернетики АН України ім. Глушкова: електромагнітний поплаво-

вий витратомір у складі економетру ЕТА-ІІІ для автотранспорту; акустичний товщиномір та газоаналізатор; пневмоакустичний профілометр складних поверхонь для турбінних лопаток; термометр поля волого-теплових об'єктів та ін., частина яких серійно виготовляється.

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення роботи доповідались та обговорювались на 7 науково-теоретичних Всесоюзних конференціях (1984, 1986, 1988, 1989, 1991 рр.) та 4 Республіканських конференціях (1983, 1984, 1988, 1990 рр.), 2 семінарах (1991, 1992).

ПУБЛІКАЦІЇ. Матеріали дисертації знайшли відображення у 43 роботах, в тому числі в 15 авторських свідоцтвах : та 5 позитивних рішеннях за ваявками на видачу авторського свідоцтва.

ОБСЯГ РОБОТИ. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків, містить 292 сторінки друкованого тексту, 43 сторінок рисунків та таблиць, 106 найменувань бібліографії на 9 сторінках.

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК у розробку наукових результатів, що виносяться на захист:

1. Теорія зрівноважуючого вимірювального перетворення фізичних величин рівної природи.
2. Основні положення спряженого вимірювального перетворення, як методу побудування прецизійних вимірювальних перетворювачів.
3. Алгоритми проектування вимірювального перетворення та побудування структурно- та фізично-спряжених вимірювальних перетворювачів.
4. Методи визначення параметрів перетворювачів спряженого зрівноваження.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ побудована на основних положеннях зрівноваженої та нерівноваженої термодинаміки та статистичної фізики, теорії систем, теорії графів, алгоритмічних функцій та диференціальних рівнянь.

Таким чином, в роботі подані розроблені фізичні основи зрівноважування рівнорідних за природою фізичних величин та теоретичні положення вимірювального зрівноважуючого та спряженого перетворень.

Основні положення теорії зрівноважуючого вимірального перетворення аналізи експериментальне підтвердження в процесі розробки датчиків фізичних величин неелектричної природи в складі вимірвальних пристроїв, структура яких, маючи просторово-часову надмірність, забезпечує високу точність результатів вимірювань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Аналіз схем здійснення процедури вимірювання, що історично склалися, місце, відведене в ній виміральному перетворенню, аналіз існуючих визначень вимірального перетворення, його початкових понять дозволил запропонувати систему понять, взаємопов'язаних інформаційно, та метрологічно: фізична величина, сигнал та його інформативний параметр, однозначна залежність, одиниця порівняння; заданий ступеню точності зв'язку "вхід-вихід", інтенсивність взаємодії, - складових поняття процедури вимірювального перетворення. Показано фізичний взаємозв'язок системи початкових понять, яка виявляється в динамічному ефекті, що складає основу фізичного процесу взаємодії вимірвальних ФВ та ПП, тобто вимірального перетворення.

В системі "річ - властивості - відношення" в динамічному ефекті виявляються, з одного боку, якісно змінні властивості взаємодіючих об'єктів (ФВ та ПП), реакція одного з яких (ПП) відома априорі, характеризуючи відношення, в яке введені в процедуру вимірювання ці об'єкти та в якому виявляється вимірювана ФВ. При цьому розглядаються головні властивості, коли вплив ФВ та реакція на нього ПП - однієї фізичної природи, або спряжені, коли вплив та реакція - різної природи (рис. 1), причому, останні можуть мати кілька рівней: первинний, вторинний і т. д. Спряжені властивості третього рівня пов'язані з неоднорідністю стану ПП та нерівноважністю впливу ФВ, а більш третього - в комбінації властивостей різних фаз, які виявляються на межах розділу.

З іншого, кількісного боку, мірою взаємодії ФВ та ПП в роботах, що визначається енергією впливу

Взаємозв'язок вхідних та вихідних фізичних величин
у виміривальному перетворенні

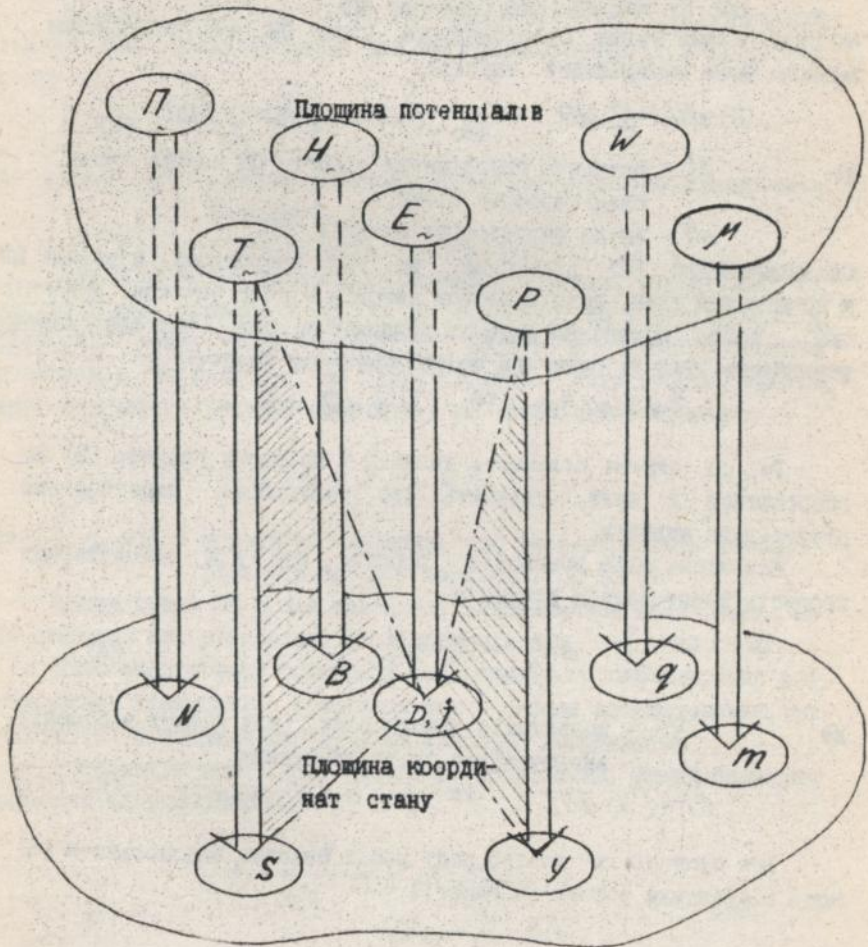


Рис. 1

$$dQ_i = X_i dZ, \quad (1)$$

де dQ_i - вплив вимірюваної ФВ;
 X_i - розмір вхідної ФВ;
 dZ - вихідна ФВ (реакція III),
 необхідної для зміни стаціонарного стану III, яка відповідає
 зміні його внутрішньої енергії:

$$dU = \sum dQ \quad \text{або} \quad \Delta U = U_2 - U_1 = \sum_i \int dQ_i, \quad (2)$$

де U_i - значення внутрішньої енергії III в будь-якому
 стаціонарному стані;
 ΔU - зміна внутрішньої енергії III.

Співвідношення (2) припускає, що при зворотному переводі III
 у початковий стан, зовсім необов'язковим є збіг значень доданків
 dQ_i , тобто обернення окремих доданків в нуль, але обов'язкова
 дорівність нулю їх суми при зрівноважуючому впливі:

$$\oint dQ_i \neq 0 \quad \text{та} \quad \sum \oint dQ_i = 0. \quad (3)$$

Те, що окремі кількості впливів в коловому процесі (3) не
 обертаються в нуль, свідчить про можливість перетворення
 різнорідних впливів.

Кількісна міра взаємодії - робота, яка для елементарних
 процесів визначається добутком

$$dA_i = X_i dY_i, \quad (4)$$

де Y_i - координата даного роду, для кожної взаємодії
 визначається співвідношенням

$$A_i = \int_{X_i}^{Y_i} X_i dY_i \quad \text{та} \quad \oint A_i = \oint X_i dY_i \neq 0. \quad (5)$$

Вся сукупність даного роду робіт повинна задовольняти за-
 кони збереження роботи та енергії

$$dA_i = -dQ_i, \quad (6)$$

де $-dQ_i$ - зменшення енергії;
 що відображає зв'язок роботи та енергії взаємодії.

Кількість елементарного впливу визначається кількістю елементарної роботи:

$$dQ_i = P_i \cdot dx_i, \quad (7)$$

де $P_i = (\partial U_i / \partial y_i) = -X_i$ - потенціал взаємодії, пов'язаний з розміром вхідної ФВ.

Розглядається реакція III на рівноважний та нерівноважний впливи ФВ. Співвідношення для внутрішньої енергії в цьому випадку

$$dU = P_i^n (1 + \Delta P / P_i^n) dy, \quad (8)$$

де $\Delta P = P_i^e - P_i^n$ - різниця зовнішнього та внутрішнього потенціалів взаємодії;

$\Delta P / P_i^n$ - інтенсивність взаємодії.

Інтенсивність взаємодії характеризується рівноважна та нерівноважна взаємодії ФВ та III. Показано, що у нерівноважній взаємодії мають місце енергетичні ефекти, пов'язані з появою додаткової координати, що характеризує енергетичні ефекти, які пов'язують вихідну координату III із ФВ іншої природи:

$$dU = \sum_i^n P_i dy_i + \sum_{h+1}^k P_m \cdot dy_m, \quad (9)$$

де $\sum_{h+1}^k P_m \cdot dy_m$ - додаткові доданки, що характеризують нерівноважність процесу взаємодії III та ФВ.

Зміна стану III в цій взаємодії відбувається так, якби на III впливали дві рівнорідні ФВ з потенціалами P_i та P_m .

Дано енергетичну трактовку виміривального перетворення для обох видів взаємодії, і як наслідок - процес зрівноваження, що описується рівняннями Лагранжа за вихідною координатою.

Розглянуто перехідний процес зрівноваження, який описаний диференціальним рівнянням

$$\tau_p \cdot \frac{dy}{dt} + y = \frac{\Delta P}{R_{ij}}, \quad (10)$$

де R_{ij} - параметр розсіяння енергії;

$\tau_p = \mathcal{E}_k / \Phi_p$ - час переходу з одного стаціонарного стану до

іншого;

\mathcal{E}_k, φ_p - кінетична енергія та функція розсіяння;
що має рішення

$$y = \frac{\Delta P}{R_{ij}} (1 - e^{-t/\tau_p}) + y_0, \quad (11)$$

де y_0 - початкове значення вихідної координати, яке компенсується додатковим впливом на ПП.

Фізичний процес повного та неповного зрівноваження розглянуто для різних моментів уводу зрівноважуючого впливу вимірюваної ФВ $\tau \rightarrow 0$ та з запізненням $\tau > 0$.

Одержане рішення для випадку $P_i = P_j$ рівняння (11) за умов $(t - \tau) \neq 0$ та $\tau \neq 0$:

$$y = \frac{P_i}{R_{ij}} e^{-t/\tau_p} (e^{t/\tau_p} - 1). \quad (12)$$

Вирішення (12) відносно τ

$$\tau = \tau_p \cdot \ln \frac{1}{(y R_{ij} / P_i) - 1} = \frac{m_{ij}}{R_{ij}} \cdot \ln \frac{1}{(y R_{ij} / P_i) - 1} \quad (13)$$

дозволяє здійснити вимірювальне перетворення та в одночас виміряти будь-який з параметрів перетворювача m_{ij}, R_{ij} .

В умовах одночасного урівноваження $(t - \tau) \rightarrow 0, \tau \rightarrow 0$ та $P_i = P_j$; вирішення (11) відносно похідної вихідної координати за часом дає

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{\substack{(t-\tau) \rightarrow 0 \\ \tau \rightarrow 0}} = \frac{P_i}{R_{ij} \cdot \tau_p} \cdot e^{(t-\tau)/\tau_p} = \frac{P_i}{m_{ij}}, \quad (14)$$

в якому відсутній параметр розсіяння енергії. Таким чином, введення малого еталонного зрівноважуючого одиничного впливу не приводить до появи дисипативних втрат, тобто дозволяє реалізу-

вати алгоритмічні методи підвищення точності результату вимірювання.

В умовах зрівноваженого впливу, який запієнюється, на час $\tau > \tau_p$, можна прийняти $m_{ij} \rightarrow 0$, тоді

$$y = P/R_{ij}. \quad (15)$$

Одержані рівняння для випадку компенсації вхідного впливу при зрівноваженні іншого роду впливом P_j , що використовує спряжені фізичні ефекти, один - для випадку повного зрівноваження ($\Delta P/P_i \rightarrow 0$), другий - для випадку слабого зрівноваження ($\Delta P/P_i \rightarrow 1$). Встановлені відповідності рівнянню (12) та (11).

Показано, що час перехідного процесу τ_p при зрівноваженні характеризується тривалістю встановлення стаціонарних потоків енергії в ПП τ_p та досягненням стану рівноваги із середовищем τ_g , тобто

$$\tau_p = \tau_g + \tau_g. \quad (16)$$

З урахуванням цих часів класифіковані за змінністю вимірювальні та зрівноважувальні впливи по відношенню до електричного впливу, побудований термодинамічний часовий ряд та показано зв'язок швидкодії з відносною похибкою

$$\gamma = \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta \tau}{2\tau_p}, \quad (17)$$

де - $\Delta \tau = \Delta P \left| \frac{dP}{dt} \right.$ - мінімальний час, за який вхідний вплив змінюється на величину, відповідну одиниці дискретності інформативного параметру сигналу.

Класифікуються засоби зрівноваження в залежності від природи вимірюваної, часового характеру та місця просторового уводу в вимірювальний ланцюг зрівноважувачих фізичних величин, аналізуються їх особливості як фізичних процесів, що проходять в багатополісниках, і як структурних моделей, створених різними з'єднаннями дво- та триполісників. Розглянуті та запропоновані системотехнічний та фізичний засоби зрівноваження

впливу вимірюваної ФВ. Системотехнічний метод зрівноваження пов'язаний з компенсацією змінень вихідної ФВ в складеному триполюснику, що створений двома двополюсниками, у кожного з яких потенціал взаємодії та реакція - однієї природи (рис. 2). Принцип вимірювального перетворення для них заснований на причинно-наслідковому зв'язку двох ефектів, які послідовно виявляються.

Метод фізичного зрівноваження пов'язаний з компенсацією вихідної ФВ триполюсника (ПТЗ), що має високу чутливість зрівноважувачого входу до спряженої ФВ, за природою відмінною від вимірюваної ФВ (рис. 3):

$$\Delta Z = f_1(x) + f_2(y) + f_3(x, y),$$

де

$$\begin{aligned} f_1(x) &= \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \Delta x + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \cdot \Delta x^2 + \dots \\ f_2(y) &= \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \Delta y + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \cdot \Delta y^2 + \dots \\ f_3(x, y) &= \frac{\partial^2 f}{\partial x \cdot \partial y} \cdot \Delta x \cdot \Delta y + \frac{1}{2!} \cdot \frac{\partial^3 f}{\partial x^2 \partial y} \cdot \Delta x^2 \cdot \Delta y + \dots \end{aligned} \quad (18)$$

В стаціонарному режимі перетворювальна характеристика вимірювального перетворювача описується співвідношенням

$$Z = F(x, y) = f[\bar{x}, \varphi(\Delta Z)],$$

де $\varphi(\Delta Z)$ - зрівноважувачий вплив, функціонально пов'язаний із вимірюваною ФВ через вихідну координату ПТ.

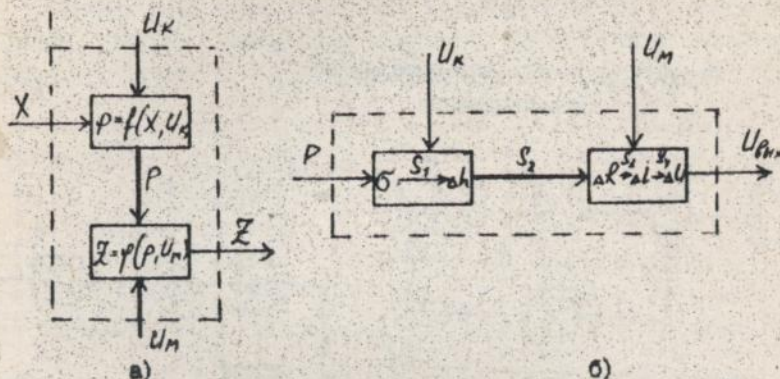
Приріст вихідної координати в цьому випадку представлений повним диференціалом в часткових похідних від обох впливів:

$$dZ = \frac{\partial Z}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial Z}{\partial y} \cdot dy, \quad (19)$$

де $\frac{\partial Z}{\partial x} = S_x$ та $\frac{\partial Z}{\partial y} = S_y$ - чутливості двополюсників, що складають модель ПТЗ.

Обидві чутливості взаємопов'язані $S_y = f(S_x)$, до того ж $S_y \neq S_x$. Проведено аналіз структурних моделей ПТЗ із системотехнічним

Перетворювач із схемотехнічною компенсацією



а) загальна структурна схема перетворення акустичного тиску в електричний сигнал;

б) послідовний ланцюг перетворень для орієнтованого графу.

X - вимірювана ФВ;

$U_k = f(X)$ - компенсуюча напруга;

U_m - напруга живлення мосту;

σ - деформація ШІ;

$\Delta h \rightarrow \Delta R$ - приріст геометричних розмірів;

ΔR - приріст опору тензорезистора, який вилучений в плече

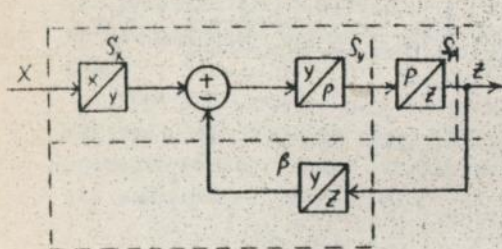
мостової схеми;

ΔU - розбаланс мостової схеми

Δh - приріст геометричних розмірів;

Рис. 2

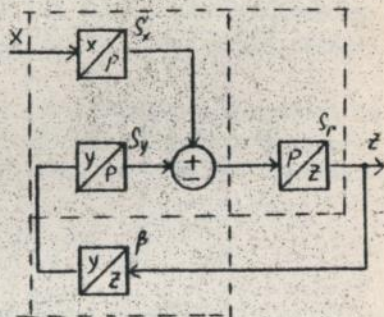
Структурна схема виміривального перетворювача



$$\Delta P = [S_x X \pm \beta Z] S_y$$

$$\Delta P = [S_x X \pm \beta Z] S_y S_p$$

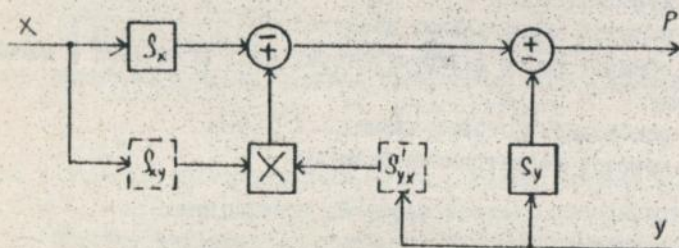
а)



$$\Delta P = S_x X \pm \beta S_y Z$$

$$\Delta P = [S_x X \pm \beta S_y Z] S_p$$

б)

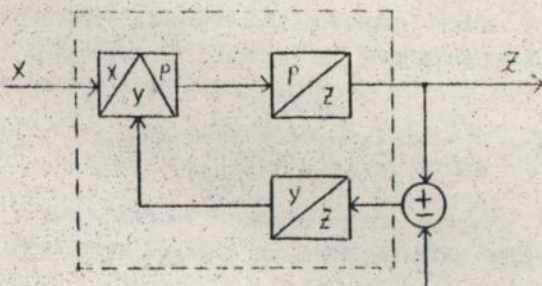


$$\Delta P = S_x X \mp S_{yx} X Y \pm S_y Y$$

Рис. 3

- а) зрівноважувачого перетворення по реакції;
- б) зрівноважувачого перетворення по вихідному потенціалу;
- в) узагальнення структурна схема.

та фізичним зрівноваженнями та виявлено рівниці їх графічних моделей; наведено узагальнену структуру виміривального перетворювача спряженого зрівноваження (рис. 4).



x - вимірювана ФВ; y - зрівноважена ФВ; z - сигнал ПП; p - вихідна ФВ - ПП.

Рис. 4

Одержані та розглянуті співвідношення, що описують метрологічні характеристики узагальненого ППЗ:

- диференційні чутливості виміривального та зрівноваженого входів;

- відносні похибки при впливі дестабілізуючих факторів, змінюючих значення зрівноважуючих ФВ:

$$\gamma_x = \frac{S_y}{S_x} \cdot \frac{\Delta y}{x}, \quad (20)$$

при диференціюванні дестабілізуючого фактора в ланцюзі зворотного зв'язку

$$\gamma_y = \frac{1}{\left(\frac{S_x}{S_y} + S_x \beta\right)} \cdot \frac{\Delta y}{x}, \quad (21)$$

де $\beta = \frac{\partial f(z)}{\partial z}$

- коефіцієнт передачі по ланцюзі зворотного зв'язку.

Підстановка коефіцієнту передачі по ланцюгу зворотного зв'язку в (13) забезпечує одержання нової характеристики перетворення

$$y = \varphi(x), \quad (22)$$

Чутливість ПФЗ в новій перетворювальній характеристикі буде визначатися співвідношенням

$$S = \frac{dy}{dx} = \frac{\partial z / \partial x}{(1/\beta) + (\partial y / \partial z)}, \quad (23)$$

якщо при $\beta \rightarrow \infty$ буде мати вигляд

$$S = \frac{\partial y / \partial x}{\partial z / \partial y} \quad (24)$$

Подана загальна характеристика підходить до побудови моделей вимірювального перетворення: модуляційного, балансового енергетичного та термодинамічного.

Показано, що кожний підхід орієнтований на вирішення своїх, специфічних завдань і окремо кожний з них не забезпечує одержання завершені моделі зрівноважуючого вимірювального перетворення. Комбіноване їх використання: термодинамічного підходу - для опису взаємодії та вибору спряжених ФВ, балансового енергетичного - для прийняття рішення про необхідність введення додаткового джерела енергії однієї природи в вихідну ФВ та модуляційного - для реалізації перетворення інформативного параметру в сигнал та одержання результату вимірювань ФВ, що максимально очищений від похибок масштабування, створенням відповідної структури масштабуючого ланцюга до реєстрації, забезпечує побудову завершені моделі будь-якого вимірювального перетворення ФВ всякої природи.

Показано, що на стадії балансового енергетичного опису моделі можлива оцінка рівня втрат вимірювальної інформації

$$\delta_c = \beta \cdot S_2 = \frac{K_1 W_{\beta x} - (K_1 - K_1 K_4) W_{\beta x}}{K_1 W_{\beta x}} \approx S_2 \cdot K_4 / K_1, \quad (25)$$

де $\gamma = K_y/K_x$ - показник втрат енергії на перетворення вихідної ФВ в сигнал;

S_3 - параметр перетворення енергії в інформацію;
 K_1, K_2 - коефіцієнти перетворення підведеної (відведеної) енергії до ШІ;

W_{iX} - підведена (відведена) до ШІ енергія у взаємодії з ФВ.
Загальний рівень втрат, що визначається умовою

$$\gamma \in \frac{\sum K_i}{K_1} \Big|_{i < 2} \geq 0,1, \quad (26)$$

де $\sum K_i$ - узагальнений показник втрат енергії;
визначає прийняття рішення про використання додаткового джерела енергії.

Подано фізичний опис процесів у вимірному перетворенні "енергетичної" та "речовинної" груп фізичних величин. Та на цій основі запропоновано алгоритми побудови моделей вимірального перетворення (МВІе та МВІр), які виконуються у вигляді орієнтованих графів. Гілка орграфу становить перетворення енергії одного виду в інший, вузли характеризують параметри перетворення. Добуток двох величин, що становлять сусідні вузли однієї гілки, характеризують роботу, яка виконана на цьому шляху (рис.1). При цьому тільки перехід з площини на площину пов'язаний з роботою по зміні стану ШІ.

Для побудови моделі спряженого вимірального перетворення є необхідним вибір ФВ, що вводиться по зрівноважувачу входу ШІ. Запропонований метод вибору спряженої зрівноважуючої величини на основі перетворень Лежандра шляхом вирішення рівняння включення для повного диференціалу термодинамічної функції у випадку "енергетичної" ФВ та рівняння включення для динамічного ефекту взаємодії у випадку "речовинної" ФВ. Запропонований узагальнений алгоритм побудови моделі вимірального перетворення ФВ в електричний сигнал:

1. Враховуючи фізичну природу вимірної ФВ, записуються рівняння включення для параметрів об'єкту вимірювання, перетворювача та динамічного ефекту взаємодії.

2. Визначається координата ШІ, що проявляється у взаємодії

однакової природи в ФВ.

3. Уточнюються розмірності вимірювальної та вихідної ФВ, яка є інформативним параметром сигналу.

4. Виконується перетворення розмірності вихідної ФВ у розмірність ФВ добором пар фізичних величин на площинах потенціалів та координат, які описують можливі послідовності перетворень.

5. Складаються розімкнені повні графи перетворень із входу на вихід або зворотні - із виходу на вхід, - виділяючи ланцюг зрівноважуючих перетворень.

6. Складається для кожного гілки графу рівняння виключення з урахуванням можливих динамічних ефектів та виявляються залежності між параметрами.

7. Виявляються варіанти гілок графу, що реалізуються на практиці з урахуванням спряжених фізичних величин перетворенням Лемандра.

8. Відбираються пари гілок на площинах "П-К", що дозволяють максимально вкоротити довжину графів.

9. Уточнюються місце вводу в ланцюг графа зрівноважуючої величини.

10. Оцінюється енергетична здатність вихідної ФВ.

11. Обирається тип компенсації: фізичної, системо або схематичної, що забезпечують конструктивну реалізацію ПП.

12. Визначається місце введення додаткової енергії.

13. Будується повний граф зрівноважуючого перетворення з параметрами компенсації.

14. Визначається робота динамічних ефектів по гілкам графів, відповідних переходам із площини на площину "П-К".

15. Виводяться фізичне співвідношення по перетворювальним співвідношенням гілок, що пов'язує вхід-вихід, тобто рівняння перетворення.

Використовувани два типу моделі вимірювального перетворення: просторові та просторово-часові, які визначають характер взаємозв'язку з точністю результатів вимірювального перетворення та подальшою електричною структурою масштабування, яке реалізує той або інший метод підвищення точності.

Точність перетворення ФВ може бути підвищена, якщо замість одного вимірювання поточного значення ФВ організувати додаткові

вимірювання в оточенні робочої точки перетворювальної характеристики, які задаються значенням ФВ. Для організації додаткових вимірювань необхідно знати ідеальну функцію перетворення приладу та мати калібровані фізичні або хімічні впливи на датчик, однорідні або спряжені з ФВ, яка контролюється.

Розглянуто найбільш загальний метод одержання ідеалізованої функції перетворення на основі використання енергетичних залежностей які лежать в основі вимірювальних перетворень ФВ різної природи. Такий підхід дозволяє в багатьох випадках одержати аналітичні моделі вимірювальних перетворювачів, які враховують вплив ФВ, що нас цікавить, та вплив інших неінформативних параметрів, які впливають на точність перетворення. На основі графо-математичної моделі можна скласти рівняння вимірювального перетворення, що пов'язує безпосередньо значення ФВ з вихідним сигналом перетворювача. При відсутності будь-яких теоретичних, гіпотетичних та інших відомостей кількісну оцінку зв'язку ФВ з інформаційним параметром ПКЗ отримують експериментально, по яким будують в загальному випадку криву, яка відображає дійсну функцію перетворення ПКЗ. В загальному випадку функція перетворення ПКЗ з достатньою точністю апроксимується поліномом.

Розглядаючи неможливість переривання впливу ФВ на ПКЗ, вихідний параметр ПКЗ кілька разів змінюють введенням додаткового зрівноважуючого впливу та використовують адитивні та мультиплікативні тести. Похибка тестових методів визначається в першу чергу точністю формування тестів, порогом чутливості ПКЗ, невідповідністю математичної моделі реальній функції перетворення, зміною вимірюваної ФВ в процесі циклу корекції.

Розглянуті особливості адитивної та мультиплікативної корекції похибки та показано, що спряжене зрівноваження дозволяє реалізувати алгоритми функціональної корекції похибок без виконання взаємодії ФВ та ПКЗ, тобто реалізувати можливості структур повністю замкнених, в яких змінюється інтенсивність зрівноважуючого впливу.

Розглянуті структури датчиків з триполосними вимірювальними перетворювачами фізичного зрівноваження для фізичних величин "речовинної" та "енергетичної" груп: із просторовою та просторовочасовою надмірністю, що дозволяє реалізувати функцію-

нальний алгоритм корекції похибок результатів вимірювань. Для просторових моделей ПТВ характерна незмінність його взаємозв'язків з об'єктом вимірювання, постійність його взаємодії в ФВ, яке визначає режим функціонування ПТВ як системи. Похибка результатів перетворення в цьому випадку оцінюється в ряді точок діапазону вимірювання ФВ, число яких залежить від довжини діапазону, виду перетворювальної характеристики СПХ, що визначає залежність показників точності вимірювань від вимірювальної ФВ. Якщо перетворювальна характеристика є лінійною, а діапазон зміненя ФВ малий, тоді достатньою є оцінка похибки в одній точці діапазону та приписування її всьому діапазону. В цьому випадку є необхідність коректного визначення взаємного зв'язку ПТВ із ФВ, до якої треба віднести результати перетворення та вплив неінформативних ФВ.

Показано процес переведення структури датчику, із часовою надмірністю (рис. 5), в структуру, що надає йому просторово-часовою надмірністю (рис. 6), розширюючи цим функціональні можливості датчика, здатного контролювати не один параметр технологічного процесу (витрата), але й пов'язану з ним густину середовища, або виключити залежність результату від густини середовища, тобто надати датчику універсальний характер - постійність градуїрувальної характеристики для середовищ, що розрізняються густиною (рис. 7).

Наведені шляхи одержання додаткової координати зрівноважування для двополюсника фізичним або системотехнічним методами на прикладі термоелектричних термометрів із дво- та трьохелектродними перетворювачами, та реалізація на їх основі інваріантних до факторів старіння самих перетворювачів, термін служби яких набагато менше терміну служби електронної масштабуючої частини датчика, приладів. Показана можливість перетворення у часовий інтервал, пропорціональний розміру вимірюваної ФВ, додатковим зрівноважувачим зражковим впливом та зміною коефіцієнтів передачі ланки прямого перетворення, будь-якої вимірюваної ФВ, тобто можливість побудови розгортальних (періодичного зрівноваження) пристроїв для контролю НЕВ. Привернута увага до особливостей використання ефекту Пельтье у випадку вимірювання температури при одночасному використанні

Структурна схема термометру із самокалібруванням

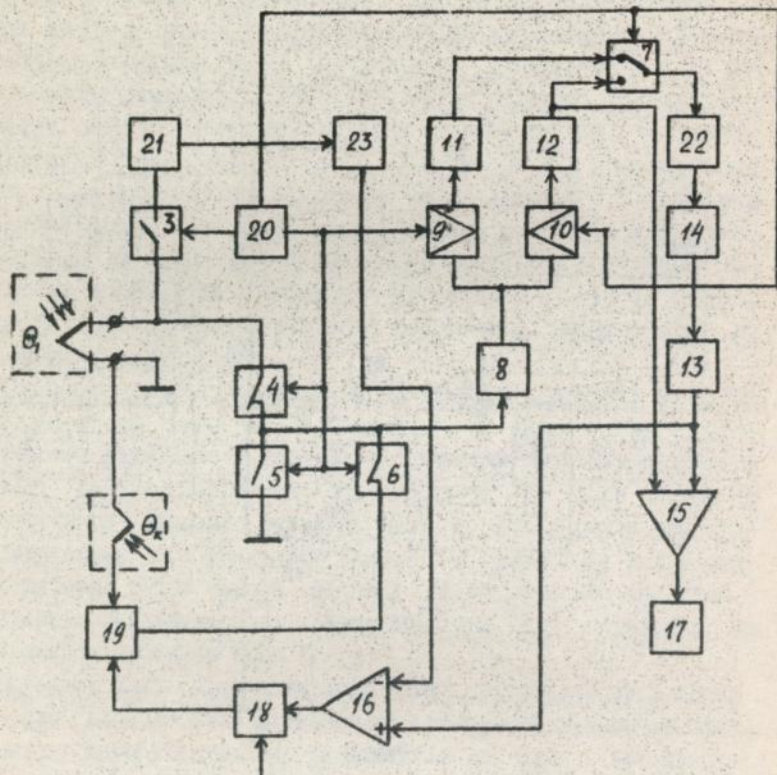


Рис. 6

1 - термопара; 2 - додаткова термопара; 3 - ключ 1;
 4, 5, 6 - ключі 2, 3, 4; 7 - перемикач; 8 - підсилювач;
 9, 10 - синхронізатори; 11, 12, 13 - АНЧ; 14 - амплітуд-
 ний детектор; 15, 16 - диференціальні підсилювачі 1 і 2;
 17 - реєстратор; 18 - масштабуючий блок; 19 - суматор;
 20 - синхронізатор; 21 - генератор струму; 22 - підсилю-
 вач частоти комутації; 23 - ареажовий подільник

Витратомір із часовою надмірністю

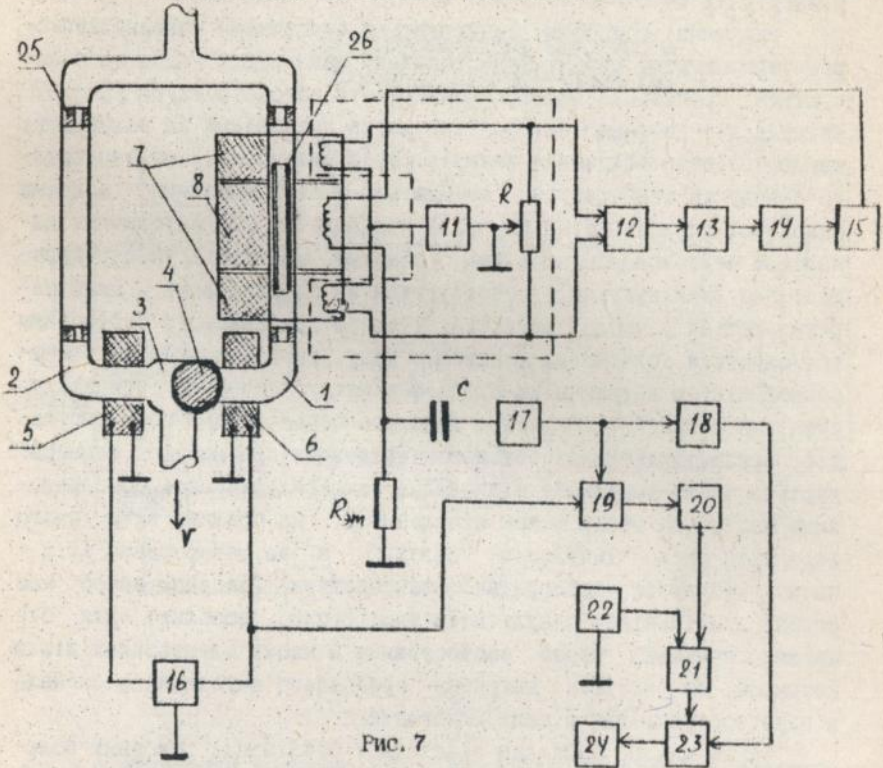


Рис. 7

1 - вимірювальний канал; 2 - додатковий канал; 3 - змішувальна камера; 4 - елемент перемикання; 5, 6 - електромагніти; 7 - диференціальна котушка; 8 - соленоїд; 9 - вимірювальний міст; 10 - амінний резистор; 11 - генератор амінної напруги; 12 - диференціальний підсилювач; 13 - випрямляч; 14 - фільтр; 15 - перетворювач "напруга-струм"; 16 - комутаційний генератор; 17 - підсилювач частоти комутації; 18 - перетворювач; 19 - синхродетектор; 20 - ФНЧ; 21 - диференціальний підсилювач; 22 - джерело еталонної напруги; 23 - подільник; 24 - реєстратор витрати

різномірних термомпар.

Практичні розробки завершуються акустичним газоаналізатором-термометром, широкі функціональні можливості якого забезпечуються просторово-часовою надмірністю його структури (рис. 8). Принцип дії газоаналізатора-термометра заснований на залежності швидкості розповсюдження звуку в середовищі від її молекулярного складу та температури, вміщується у дві акустичні колонки однакової довжини. Різниця часів проходження УЗК акустичних каналів з еталонним середовищем (повітря, моногаз) та середовищем, яке аналізується, реєструється як фазовий зсув, який перетворюється у число імпульсів. Температура газового середовища враховується додатковим фазовим зсувом, який створюється електронною лінією затримки на вході фазометру (опорний сигнал), що пропорціональний температурі газового середовища. Число імпульсів, відповідне складу газового середовища при певній температурі та число імпульсів відповідне температурі газового середовища рахуються реверсивним лічильником, на прямий вхід якого задається число імпульсів "складу", а на реверсивний вхід - число імпульсів пропорційно температурі. Газоаналізатор має високу стабільність результатів вимірювання, особливо для бінарних сумішей, через застосування в ньому електронних ліній затримок, що імітують затримку аеракового акустичного сигнала в перетворювачі для різних моногазів.

Таким чином, приклади практичної реалізації основних положень теорії аринованих вимірювальних перетворювачів (ПВЗ) показали перспективність комплексного підходу для вирішення проблем вимірювання з високою точністю практично будь-яких ФВ.

В д о д а т к а х представлени акти про серійне виробництво, проведені випробування дослідних зразків розроблених приладів.

ОСВЯСНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Визначені, проаналізовані та уточнені початкові поняття, що складають розуміння процедури "вимірювальне перетворення", та на їх основі подане визначення поняттю ВИМІРЮВАЛЬНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ, що відображає його інформаційно-енергетичний характер.

2. Проведене дослідження стаціонарного та нестатичного

Структурна схема акустичного
газоаналізатора-термометра

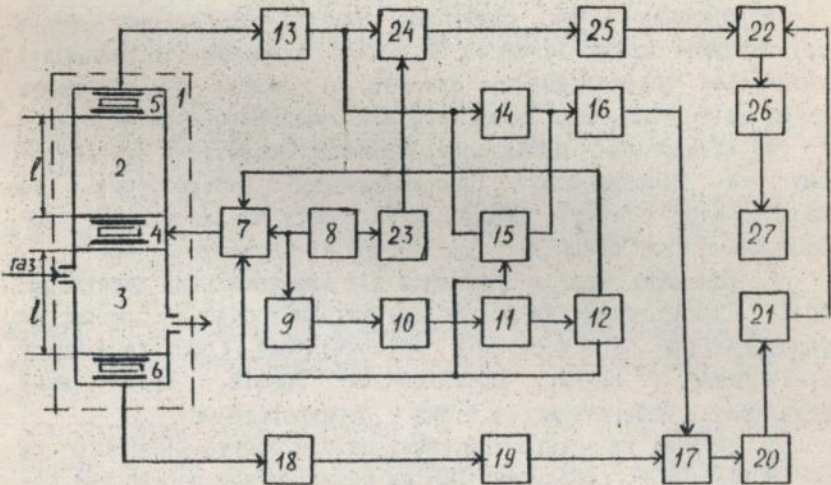


Рис. 8

1 - акустична колонка; 2, 3 - акустичні канали; 4 - електро-акустичний випромінювач; 5, 6 - електроакустичні приймачі; 7, 15, 22 - керовані ключі; 8 - генератор електричних сигналів змінного струму; 9 - електронний повторювач; 10 - нуль-орган; 11 - дільник частоти; 12 - шістьохрядний лічильник; 13, 18 - підсилювач сигналу змінного струму; 14, 23 - лінія затримки; 16, 19 - амплітудні детектори; 17 - операційний підсилювач; 20 - часово-імпульсний перетворювач; 21 - тригер; 24 - фазовий детектор; 25 - амплітудно-імпульсний перетворювач; 26 - реверсивний лічильник; 27 - звітно-реєструючий пристрій.

станів III, енергетичний процес переходу з одного стаціонарного стану в інший, в якому витрачена у виміривальному перетворенні на зміну стану III робота формує інформацію про інтенсивність взаємодії ФВ та III, а зміною параметру, що являє собою координату стану III, характеризується розмір вимірюваної III.

3. Показано, що спряжена властивість є результатом нерівноважної взаємодії ФВ та III, коли інтенсивність взаємодії виявляється через додаткові енергетичні ефекти, які складають основу зрівноважуючого спряженого виміривального перетворення.

4. Встановлені особливості фізичних процесів в безперервному та "імпульсному" виміривальному перетворенні та взаємозв'язок точності, швидкодії та порогу чутливості III; запропонований "ряд швидкодії" для вибору зрівноважуючої ФВ.

5. Виконано аналіз принципів дії виміривальних перетворювачів, класифіковані та розроблені методи побудови триполюсних функціональних перетворювачів зрівноваження (ПЗС) та ланцюгу перетворення у вигляді орієнтованих графів, вузли яких представлені параметрами, а гілки - перетвореннями.

6. Уведені та розкриті фізичні основи понять ФІЗИЧНОГО та СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО спряження ПЗС за результатами порівняння параметричної та спряженої структури триполюсників та особливостей їх орграфів. Запропоновані методи розрахунку параметрів та метрологічних характеристик ПЗУ, можливість лінеаризації перетворювальної характеристики за зрівноважуючим входом.

7. Розроблений алгоритм побудови моделі виміривального перетворення, який враховує підходи: термодинамічний - для одержання рівнянь взаємозв'язку впливів та координат стану; енергетичний - для оцінки втрат та кількості роботи у взаємодії ФВ та III, III та наступних ланок виміривального ланцюгу датчика, при передаванні впливу із входу до виходу; модуляційний - для реалізації структури датчика виміривального ланцюгу, що забезпечує максимальну точність виміривального перетворення. Показана послідовність побудови фізичної моделі виміривального перетворення для активної та пасивної фізичних величин та матеріалізація їх в структуру III.

8. Проведене дослідження взаємної обумовленості структури датчика, що містить у собі триполюсний III, із можливістю надан-

ня тієї часової та просторово-часової надмірності для реалізації функціональної корекції похибок та досягнення високої точності та виконанні розрахунки структури приладів вимірювання енергетичної (температури) та речовинної (витрата, склад) фізичних величин.

Основні положення дисертації знайшли відображення у роботах:

1. Засоби вимірювання автоматичного зрівноважування. (Головко Д. Б., Скрипник Ю. О., Галкин Л. О. та інш.). / За ред. проф. П. М. Таланчука. / - К.: Львівськ. - 1994 - 287 с.
2. Галкин Л. А. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Методы измерительных преобразований физических величин". - Запорожье: ЗГУ. - 1992. - 52 с.
3. Галкин Л. А., Пуйда С. К., Кубушкайтес А. И. Методические указания по автоматизации функционально - логического проектирования и диагностики цифровых устройств. - Запорожье: ЗГУ. - 1993. - 71с.
4. Скрипник Ю. А., Галкин Л. А., Глазков Л. А. и др. Двухчастотные методы контроля концентрации веществ в жидких средах (сообщение 1) // Известия ВУЗов "Технология легкой промышленности" - 1984. - N 2. - С. 124-128.
5. Скрипник Ю. А., Галкин Л. А., Глазков Л. А. и др. Двухчастотные методы контроля концентрации веществ в жидких средах (сообщение 2) // Известия ВУЗов "Технология легкой промышленности". - 1984. - N 3. - С. 112-118.
6. Галкин Л. А. Алгоритм преобразования температуры во временной интервал. // Сб.: "Состояние и перспективы развития средств измерения температуры контактными и бесконтактными методами" - Львов, - 1984. - С. 37-41.
7. Скрипник Ю. А., Глазков Л. А., Галкин Л. А. Дисперсионные методы контроля диэлектрических сред. // Контрольно - измерительная техника. - Львов, 1984. - N 37. - С. 34-39.
8. Галкин Л. А. Толщиномер протяженных объектов. / Приборостроение. Техника. - 1990. - N 42. - С. 56-61.
9. Березненко Н. П., Галкин Л. А., Глазков Л. А., Химичева А. И. Метод контроля температурного поля влажных материалов // Из-

вестия вузов "Технология легкой промышленности". - 1991. - № 6. - С. 14-20 (соавт.).

10. Галкин Л. А. Структурный анализ обратных преобразователей уравновешиваемых приборов. - НИИТЭИ, ДР 5074 - пр 92 - 1992. - БИ № 7. - 16 с.

11. Галкин Л. А. Расходомер жидкостей и газов. //Измерительная техника. 1993. - №5. - С. 57-68.

12. Галкин Л. А. Проблемы оценки динамических свойств уравновешивающего измерительного преобразователя //Сб. "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами. "Харьков. - Изд. ХГУ. - 1992. - С. 31-37.

13. А. с. 1030681, БИ №27. Устройство для измерения давления/Скрипник Ю. А., Скрипник В. И., Галкин Л. А. и др. (СССР). - 1983.

14. А. с. 1010540, БИ №13. Устройство для измерения скорости ультразвука/ Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А. (СССР). -1983.

15. А. с. 1016692, БИ № 17. Способ определения частотной зависимости затухания акустических колебаний и устройство для его осуществления/Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А. (СССР). -1983.

16. А. с. 901894, БИ № 4. Устройство для измерения скорости и коэффициента затухания ультразвука/ Галкин Л. А. (СССР). -1982.

17. А. с. 1060034, БИ №37. Способ измерения температуры / Галкин Л. А. (СССР). - 1983.

18. А. с. 1111090, БИ № 41. Устройство для измерений частотных характеристик эмульсий/Скрипник Ю. А., Заграй Л. М., Галкин Л. А. и др. (СССР). - 1984.

19. А. с. 1151834, БИ № 15. Устройство измерения температуры (его варианты)/ Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Шабалин С. В. (СССР). - 1985.

20. А. с. 1195292, БИ № 37. Способ определения концентрации растворов/ Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А. (СССР). -1985.

21. А. с. 1461126, БИ № 38. Способ бесконтактного измерения толщины/Скрипник Ю. А., Здоренко В. Г., Галкин Л. А. и др. (СССР). -1988.

22. А. с. 1578513, БИ N 22. Устройство измерения температуры/ Галкин Л. А. (СССР). - 1990.

23. А. с. 1523914, БИ N 43. Способ бесконтактного измерения толщины/ Галкин Л. А. (СССР). - 1990.

24. А. с. 1620844, БИ N 23. Способ определения расхода и устройство для его реализации/ Галкин Л. А., Падалко А. В., Горовой Е. П. (СССР). - 1991.

25. А. с. 1580288, БИ N 27. Способ определения полного сопротивления двухполюсника/Скрипник Ю. А., Маркусик К. Н., Галкин Л. А. (СССР). - 1990.

26. Пол. реш. по заявке N 4462984/25 (113934) от 12.03.1990 г. Способ измерения фазовой скорости распространения света/ Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А.

27. Пол. реш. по заявке N 4462984/25 (113935) от 12.03.1990 г. Способ измерения скорости распространения световых волн/ Галкин Л. А., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А.

28. Пол. реш. по заявке N 4779375/10 (136100) от 9.11.89 г. Устройство измерения расхода жидких и газообразных сред/ Галкин Л. А., Натапов В. Э., Кремежный Р. Г.

29. А. с. 1739192, БИ N 21. Устройство для бесконтактного измерения толщины перемещающихся листовых материалов и пластин/ Галкин Л. А., Натапов В. Э. (СССР) - 1992.

30. Пол. реш. по заявке N 5046233/10 (027116) от 05.06.1992. Газоанализатор/ Галкин Л. А., Натапов В. Э.

31. А. с. 1765716, БИ N 36. Способ определения температурного поля/ Галкин Л. А., Березенко Н. П., Скрипник Ю. А., Глазков Л. А. (СССР). - 1992.

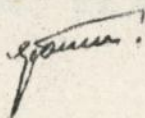
32. Пол. реш. по заявке N 5012305/28 (057990) от 01.07.91. Расходомер жидкостей и газов с унифицированной градуировкой/ Галкин Л. А., Натапов В. Э., Кремежный Р. Г. и др.

АННОТАЦІЯ

Галкин Л. А. Методы контроля неэлектрических величин с уравновешиванием сопряженной, иной физической природы, величиной. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.11.13 - приборы и методы контроля окружающей среды, веществ, материалов и изделий; 05.11.16 - информационно-измерительные системы (промышленности), Киевский политехнический институт, Киев, 1995. Защищается 23 научных работы, 15 авторских свидетельств и 5 положительных решений, которые содержат разработку теории измерительного преобразования неэлектрических величин с уравновешивающим воздействием на трех- и многополюсный преобразователь, отличающимся по природе от измеряемой величины. Получены: термодинамические соотношения для различных состояний преобразователя; взаимосвязь порога чувствительности, быстродействия и точности преобразования. Предложены методики: выбора уравновешивающего воздействия, расчета параметров преобразователя и алгоритм моделирования структур его и приборов с пространственно - временной и функциональной избыточностью: расходомера и др. частично выпускаемых серийно.

Balkin L. A. Methods of control of nonelectrical quantities with balancing by conjugate other physical nature value. The dissertation on searchment degree of technical sciences doctor on specialities 05.11.13 - apparatuses and methodes of control of environment, matters, materiales and makes; and 05.11.16 - informative-measure systemes (industry), Kiev, 1995, Kievsky polytechnic institute. Twenty tree scientific workes, fifteen patentes and five posi - tive decisiones on declarationes are depended which contain the work out of measure transformation theory nonelectrical quantities with level influence in three-poles and many-poles transformes. Receiving: of termodinamice correlationes for different condition of transforme, connection of the threshold of sensitiveness from quickaction and a accuracy. Proposed: rule of selektion of level influence, calculation of parameter of transforme and modelation algorithm of structure for apparatuses from space-time abundance: the electro-magnetic flow-rate-meter and other part output.

Ключові слова: вимірювальне перетворення, зрівноважування, ранорідні впливи, спряжений, властивості, інтенсивність взаємодії.



444013

АВ 33.179

м. Запоріжжя, Облстат, ВОП, зам. 645, тир. 100 прим.