

Наукові та практичні проблеми виробництва приладів та систем

Тому, враховуючи переваги сучасних методів, постає питання про їх подальше вдосконалення, покращення метрологічних характеристик, знаходження шляхів здешевлення приладів для підвищення їх доступності споживачам.

Таким чином застосування приладів і систем комерційного обліку дає реальну можливість економити воду та тепло, а отже і енергоресурси (до 60%).

Література

1. ДСТУ 3339-96. Теплолічильники. Загальні технічні умови. Київ: Держстандарт України.
2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1989. – 701с.
3. Головачёв П.Г. Эксплуатационная надёжность и критерии выбора теплосчётчиков. Новости теплоснабжения. 2002. – № 4. – С. 48–49.
4. Киясбели А.Ш. и др. Частотно-временные ультразвуковые расходомеры и счётчики. М.: Машиностроение, 1984. – 681с.
5. Прозоров М.А. Новые ультразвуковые расходомеры и теплосчётчики. Приборы и системы управления. 1996. – № 8. – С. 22–25.
6. Писарець А. В. Аналіз сучасного стану вихрових засобів вимірювання кількості речовини. Сборник трудов международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2001», Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту, 2001. – С. 53–56.

<p>Коробко И. В., Писарец А. В., Кузьменко П. К., Воропаева Н. В. Состояние и перспективы приборов коммерческого учета энергетических ресурсов. В статье рассматривается проблема экономичного использования, перерасхода энергетических ресурсов. Исходя из опыта эксплуатации, раскрыты трудности применения существующих методов и приборов, предложены идеи по их устранению или уменьшению</p>	<p>Korobko I. V., Pisarets A. V., Kuzmenko P. K., Voropaeva N. V. State and prospect of power resources commercial accounting measurement aids. Problem of power sources surcharge and efficient use is considered. Use difficulties of existent methods and measurement aids are disclosed. Versions of its elimination and decrease are proposed</p>
--	---

*Надійшла до редакції
15 жовтня 2003 року*

УДК 681.586

ПОЛІНВАРІАНТНЕ ВИМІРЮВАЛЬНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН В ЗАМКНЕНИХ СТРУКТУРАХ

Водотовка В.І., Рена Ф.М. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

Запропоновано спосіб досягнення додаткової інваріантності функції вимірювального перетворення структури зі зворотнім зв'язком щодо дрейфу нуля без перериви вимірюваного сигналу (без обнуління), що визначає можливість реалізації чутливих та динамічно стійких вимірювальних структур

Вступ

В основі синтезу структур вимірювальних перетворювачів, які містять

параметричні сенсори, що працюють в умовах активного впливу різного роду невимірюваних збурюючих факторів, лежить фундаментальний принцип реалізації інваріантних структур – принцип двоканальності [1]. В одних випадках обоє каналів є інформативними і їх вихідні сигнали залежать від змін контрольованого параметру, у других – один канал інформативний, а другий – компенсаційний. Вихідний сигнал першого каналу залежить від змін контрольованого параметра та збурень, а другого – тільки від змінювань збурюючого сигналу.

Для корекції додаткової похибки оцінки значення контрольованого параметра широко використовуються диференційні та логотричні схеми включення каналів [2]. Але й такі схеми не дозволяють досягнути ефективною корекції додаткової похибки в усьому діапазоні змін контрольованого параметру. Застосування інших способів корекції впливу збурюючих факторів (тестових, ітераційних та подібних) виключається відсутністю доступу до параметричного давача.

Метод віртуальної міри [3] дозволяє більш ефективно проектувати пристрої керування системами технологічного призначення надвисоких частот, які працюють в умовах впливу значних електромагнітних полів.

Зовнішні впливові фактори, які деформують ідеалізовану функцію вимірювального перетворення структур з негативним або позитивним зворотним зв'язком (НЗЗ або ПЗЗ), визначають існування відносної мультиплікативної похибки \bar{U} коефіцієнта прямого перетворення й абсолютної адитивної похибки \bar{U}_a , приведеної до виходу радіовимірювального приладу (РВП).

У розглянутих в [4] структурах вимірювальних каналів зі зворотним зв'язком не визначено канал, у якому знаходиться джерело зсуву нуля функції перетворення, тому, з метою досягнення спільності отриманих співвідношень, адитивну похибку розглядали як величину, приведену до виходу РВП.

Постановка задачі

Адитивна похибка переважно виникає в перетворювально-підсилювальних ланках прямого каналу, рідше в каналі ЗЗ, тому для систем які працюють в жорстких умовах експлуатації, важливим уявляється створення уточненої моделі вимірювального перетворення (з НЗЗ або ПЗЗ), яка містила б реалізовану можливість охоплення зворотним зв'язком джерела зміщення нуля, що розташовані в прямому каналі і охоплювала перетворення фізичних величин як з направленою, так і ненаправленою дією.

Підвищення порядку інваріантності в структурі зі слабким зворотним зв'язком

Відомий вигляд функції вимірювального перетворення структури з охопленою петлею НЗЗ джерелом зсуву нуля в прямому каналі (рис.1)

$$y(\tau_0) = \frac{k(1+\bar{\gamma})x + \bar{a}}{1+k(1+\bar{\gamma})\beta} = \frac{k(1+\bar{\gamma}) + \bar{S}}{1+k(1+\bar{\gamma})\beta} x, \quad (1)$$

де \bar{a} – абсолютна величина адитивної похибки, (нестабільні величини відмічені ризикою над їхнім позначенням), $\bar{S} = \bar{a}/x$ – відносна її величина, x – вимірювана фізична величина, k – загальний коефіцієнт вимірювального перетворення прямого каналу, β – загальний коефіцієнт каналу ЗЗ.

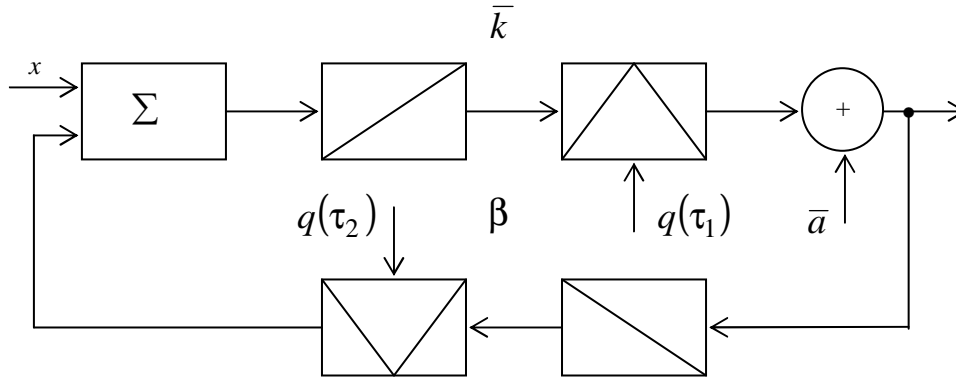


Рисунок 1 – Функціональна схема РВП з приведеним до виходу каналом прямого перетворення джерела зсуву нуля

З урахуванням похибок функція вимірювального перетворення РВП з НЗЗ має вигляд

$$\bar{y}(x, \bar{\gamma}, \bar{y}_a) = \frac{k(1+\bar{\gamma})}{1+k(1+\bar{\gamma})\beta} x + \bar{y}_a. \quad (2)$$

Розглянемо функції операторної чутливості [4]:

$$Q_k^{(y)} = \frac{\Delta \bar{y}_k}{\Delta q} \frac{1}{y_\beta} = -\frac{k(1+\bar{\gamma})(1-\beta\bar{S})}{[1+k(1+\bar{\gamma})\beta][k(1+\bar{\gamma})+\bar{S}]}, \quad P_\beta^{(y)} = \frac{\Delta \bar{y}_\beta}{\Delta q} \frac{1}{y_\beta} = -\frac{k(1+\bar{\gamma})\beta}{1+k(1+\bar{\gamma})\beta}. \quad (3)$$

Як і в [4], $\bar{\epsilon}$ – наближення до інваріанта $\mathbf{I}^{(y)} = 1$, яке дорівнює відносній величині адитивної похибки

$$\bar{\epsilon} = 1 - (Q_k^{(y)} - P_\beta^{(y)}) = \frac{\bar{S}}{k(1+\bar{\gamma}) + \bar{S}}, \quad \bar{\epsilon} \bar{y}(x_0) = \frac{a}{x} \frac{1}{k(1+\bar{\gamma}) + \bar{S}} \frac{k(1+\bar{\gamma}) + \bar{S}}{k(1+\bar{\gamma})\beta + 1} x.$$

$$\bar{y}_a = \frac{a}{k(1+\bar{\gamma})\beta + 1}, \quad \bar{\epsilon} = \frac{\bar{y}_a}{y(\tau_0)}.$$

Звідки коефіцієнт перетворення прямого каналу $k(1+\bar{\gamma})$ та загальний скоригований коефіцієнт перетворення S_0 дорівнюють

$$k(1+\bar{\gamma}) = \frac{-P_\beta^{(y)}}{(1+P_\beta^{(y)})\beta},$$

$$S_0 = \frac{k(1+\bar{\gamma})}{1+k(1+\bar{\gamma})\beta} = \frac{-P_\beta^{(y)}}{(1+P_\beta^{(y)})\beta + P_\beta^{(y)}}.$$

Аналогічно одержимо співвідношення для структури з ПЗЗ, яка охоплює приведенне до виходу прямого каналу джерело зміщення нуля, де відміна від (3) обумовлена знаком у знаменнику

$$Q_k^{(y)} = \frac{k(1+\bar{\gamma})(1+\beta\bar{S})}{[1-k(1+\bar{\gamma})\beta][k(1+\bar{\gamma})+\bar{S}]}, \quad P_\beta^{(y)} = \frac{k(1+\bar{\gamma})\beta}{1-k(1+\bar{\gamma})\beta},$$

$$k(1+\bar{\gamma}) = \frac{P_\beta^{(y)}}{(1-P_\beta^{(y)})\beta}, \quad S_0 = \frac{P_\beta^{(y)}}{(1-P_\beta^{(y)})\beta} - P_\beta^{(y)}.$$

Функція вимірювального перетворення замкнутої структури з НЗЗ/ПЗЗ, в якій джерело зсуву нуля розташоване у прямому каналі, набуває вигляду

$$N(x) = \frac{1}{\beta}x,$$

де $N(x) = -\frac{Q_k^{(y)} - 1 - P_\beta^{(y)}}{P_\beta^{(y)}} y(\tau_0) = \frac{y(\tau_1) - y(\tau_2)}{y(\tau_0) - y(\tau_2)} y(\tau_0)$ – чисельно сформована

вихідна величина, яка не містить коефіцієнта параметричної модуляції q і обчислюється за співвідношенням вихідних величин $y(\tau_0, \tau_1, \tau_2)$.

Таким чином, функція вимірювального перетворення структури з суттєво слабким НЗЗ/ПЗЗ набула лінійного вигляду, не зміщена відносно нуля і стала інваріантною не тільки по відношенню до коефіцієнта \bar{k} і до розміщеного усередині петлі ЗЗ каналу прямого перетворення джерела зміщення нуля, але і по відношенню до коефіцієнта параметричної модуляції q , що дозволяє виконувати параметричні модулятори безконтактними, знизити вимоги до точності їхніх елементів.

Підвищення порядку інваріантності в структурі з сильним НЗЗ

Якщо дозволяють умови стійкості то, як відомо, при петльовому підсиленні $k\beta \gg 1$, функція перетворення стає інваріантною відносно параметрів каналу прямого перетворення

$$\bar{y}(\tau_0) = \frac{1}{\beta}x + \bar{y}_a.$$

Але в цьому випадку залишається невирішеною проблема корекції адитивної похибки \bar{y}_a .

Наслідок 1.

Різниця функцій операторної чутливості виду

$$P_{qk}^{(\bar{y})} = \frac{\Delta y_k}{\Delta q} \frac{q}{y(\tau_0)}, \quad P_{q\beta}^{(\bar{y})} = \frac{\Delta y_\beta}{\Delta q} \frac{q}{y(\tau_0)}$$

до параметрів функції вимірювального перетворення

$$y(\tau_0) = \frac{1}{\beta}x + \bar{y}_a$$

наближається до інваріанта $I^{(\bar{y})} = 1$ на величину $\bar{\varepsilon} = \bar{y}_a / \bar{y}(\tau_0)$, а функція операторної чутливості

$$P_{qk}^{(\bar{y})} = \frac{\Delta y_k}{\Delta q} \frac{q}{y(\tau_0)} = 0,$$

що обумовлено нечутливістю каналу прямого перетворення до варіацій параметра $k(1+\bar{\gamma})$:

$$P_{q\beta}^{(\bar{y})} = \frac{\Delta y_\beta}{\Delta q} \frac{q}{y(\tau_0)} = -\frac{x}{x + \beta \bar{y}_a},$$

$$\varepsilon = I^{(y)} - (P_{qk}^{(y)} - P_{q\beta}^{(y)}) = 1 - \left(0 + \frac{x}{x + \beta \bar{y}_a} \right) = \frac{\beta \bar{y}_a}{x + \beta \bar{y}_a},$$

$$\varepsilon \cdot \bar{y}(\tau_0) = \frac{\beta \bar{y}_a}{x + \beta \bar{y}_a} \frac{x + \beta \bar{y}_a}{\beta} = \bar{y}_a, \quad \varepsilon = \frac{\bar{y}_a}{y(\tau_0)}.$$

Таким чином, стає можливим одержати аналітичну модель вимірювального перетворення в структурі із сильним НЗЗ у вигляді

$$\left. \begin{aligned} y(\tau_0) &= \frac{1}{\beta} x + \bar{y}_a \\ \bar{y}_a &= y(\tau_0) (I^{(y)} - P_{q\beta}^{(y)}) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Розв'язок системи (4) представимо як нову аналітично сформовану функцію перетворення, лінійну і не зміщену відносно початку координат

$$N_{q\beta}^{(y)} = \frac{1}{\beta} x,$$

де $N_{q\beta}^{(y)}$ – результат обчислення, як вихідна величина вимірювального перетворення, що визначена у кінцевих приростах, тобто це функція операторної чутливості $N_{q\beta}^{(y)} = \frac{\Delta y_\beta}{\Delta q} q$ [4].

Отриманий результат показує можливість формування такої функції перетворення, яка інваріантна не тільки по відношенню до параметрів прямого перетворення, але і до зміщення нуля. При цьому не знадобилася операція обнулення РВП, тобто можливо стверджувати, що досягнута дворазова інваріантність результату перетворення фізичної величини до дестабілізуючих факторів.

Висновки

Існують умови експлуатації РВП, у яких виконати операцію обнулення неможливо. Такі умови визначаються низкою чинників: вимогою безперервності контролю за умовами іспиту виробу; необхідністю безупинного контролю при спостереженні за рухомим об'єктом через можливість його втрати; джерело вимірювального сигналу – небезпечне та некероване, тому РВП повинен його контролювати постійно та інші.

Запропонований корисний різновид аналітичної моделі вимірювального перетворення в структурі з ЗЗ, яка інваріантна щодо коефіцієнтів

параметричної модуляції, дозволяє виконати параметричні модулятори у вигляді безконтактних ключів.

Спосіб досягнення додаткової інваріантності функції вимірювального перетворення структури з глибоким НЗЗ щодо дрейфу нуля без переривання вимірюваного сигналу (без обнуління) забезпечує можливість реалізації чутливих динамічно стійких вимірювальних структур.

Отримані результати можуть бути використані при подальшому проектуванні РВП фізичних величин, які інваріантні стосовно дестабілізуючих факторів, в напрямку розширення можливостей діючих калориметричних вимірювачів потужності НВЧ для експресного визначення параметрів контролю та складу речовин. Одна з практичних схем мікрохвильової радіотехнічної системи технологічного призначення, де реалізовано метод дворазової інваріантності з застосуванням позитивного зворотного зв'язку, представлена роботою [5].

Література

1. Петров Б.Н., Викторов В.А., Лункин Б.В., Савлуков В.А. Принцип инвариантности в измерительной технике. – М.: Наука, 1976. – 243 с.
2. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 447 с.
3. Водотовка В.И. Разработка структурно-алгоритмических методов коррекции погрешностей и аппаратуры для измерения СВЧ мощности в АСУТП тренировки и испытаний изделий // Электронная техника. – Серия 1. Электроника СВЧ. – 1980. – Вып.2 /144/. – С. 20–21.
4. Репа Ф.М. Аналітична модель інваріантного вимірювального перетворення фізичних величин // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2003. – № 6. – С. 48–54.
5. Водотовка В.І., Репа Ф.М. Калориметричні методи оцінки стану рідинного харчового продукту в мікрохвильовому полі // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2002. – № 1. – С. 15–19.

<p>Водотовка В.И., Репа Ф.М. Полиинвариантное измерительное преобразование физических величин в замкнутых структурах. Предложен способ достижения дополнительной инвариантности функции измерительного преобразования структуры с отрицательной обратной связью относительно дрейфа нуля без прерывания измеряемого сигнала (без обнуления), что определяет возможность реализации чувствительных и динамично стойких измерительных структур.</p>	<p>Vodotovka V.I., Repa F.M. Polyinvariant measuring transformation of physical values to the locked structures. The way of achievement of additional invariancy of function of measuring transformation of structure with a negative feedback concerning drift of zero without interruption measurement a signal is proposed. That determines an opportunity of realization of sensitive and dynamically proof measuring structures.</p>
--	---

*Надійшла до редакції
25 жовтня 2003 року*