

УДК 621.382

Ю.О. СКРИПНИК, Т.П. КАЛАМЄСЦЬ

Київський національний університет технологій та дизайну

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУР АВТОГЕНЕРАТОРНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ*Повідомлення 1*

В цій частині статті розглянуті основні джерела адитивних та мультиплікативних складових похибок в автогенераторних системах контролю. Проведено аналіз похибок різних структурних схем автогенераторних систем контролю. Показано, що одним із ефективних алгоритмів підвищення достовірності контролю є алгоритм періодичного порівняння контрольованої величини з нормованою величиною

Ключові слова: алгоритм, джерела, контроль

Автогенераторні методи вимірювань відрізняються від інших резонансних методів тим, що вихідний сигнал автогенераторного приладу безпосередньо пов'язаний з параметрами режиму автогенератора. В автогенераторних схемах відсутній зовнішній генератор. Вимірювальний перетворювач включається в якості елемента схеми автогенератора. Амплітуда, частота, фаза і режим автоколивань автогенератора визначаються параметрами вимірювального перетворювача. Автогенераторні вимірювання успішно застосовують в дількометрії, кондуктометрії, вологометрії і при вимірюваннях різноманітних електричних і неелектричних величин.

Об'єкти та методи дослідження

Серед різноманітних систем контролю параметрів технологічних процесів широке застосування знаходять автогенераторні системи на основі резонансних сенсорів. Висока чутливість і заводо захищеність таких систем забезпечують можливість контролю малих відхилень параметрів, які контролюються, від норми, що сприяє підвищенню якості продукції, що випускається. В роботі [1] було показано переваги систем вимірювального контролю, які працюють за методом періодичного порівняння контрольованої величини з нормою. Однак, необхідність в автогенераторних системах додаткового перетворення інформативного параметру сенсора – частоти в електричну напругу, яку зручно порівнювати з нормою або уставкою системи автоматичного регулювання, вносить додаткові похибки в процес контролю, що знижує його достовірність.

Основним джерелом адитивної похибки в автогенераторних системах є дрейф початкової частоти автогенератора, а джерелом мультиплікативної похибки – нестабільність крутизни перетворення частотного детектора, який перетворює частоту в електричну напругу [2].

Постановка завдання

Нижче розглядається структурна оптимізація автогенераторних систем контролю, яка дозволяє суттєво понизити вплив дрейфових похибок адитивного і мультиплікативного характеру на достовірність вимірювального контролю.

Результати та їх обговорення

Структура автогенераторних систем контролю представлена на рис.1, в вимірювальну частину 1 яких входять сенсор 2, перетворюючий контрольовану величину X в частоту генеруючої системи f , частотний детектор 3, який перетворює частоту f в напругу U , масштабний підсилювач 4 і нормуючий

перетворювач 5, який приводить вихідну напругу до нормованого значення. В схемі порівняння 6 нормована напруга Y порівнюється з нормою, яка задається напругою Y_H заданого значення.

Результат порівняння Y і Y_H повинен задовольняти умові:

$$Y = S_2 S_3 K_4 K_5 X_0 = S_H X_0 = Y_H, \quad (1)$$

де S_2 – чутливість сенсора; S_3 – крутизна перетворення частотного детектора; K_4 – коефіцієнт підсилення масштабного підсилювача; K_5 – коефіцієнт нормуючого перетворення; X_0 – контрольована величина, яка відповідає технологічному регламенту; S_H – номінальне значення крутизни перетворення вимірювального каналу.

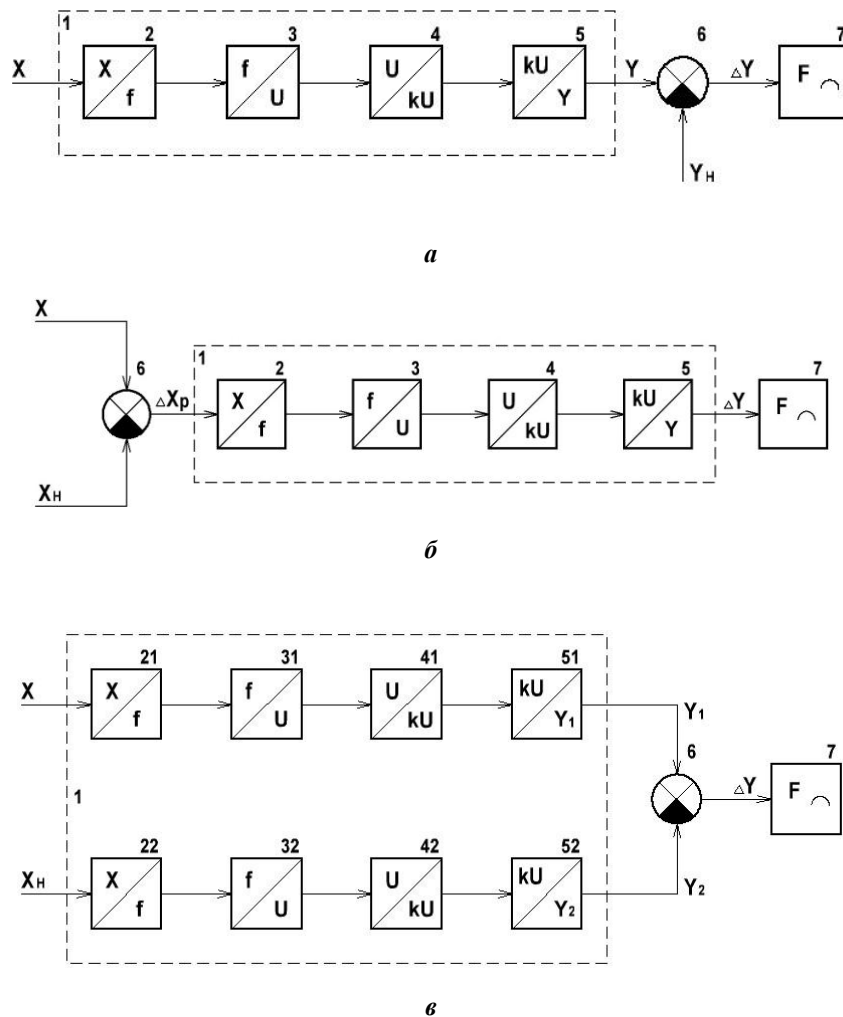


Рис. 1. Автогенераторні системи контролю:

a – при порівнянні контрольованої величини з нормою після попереднього перетворення;

b – з попереднім порівнянням і послідуємим перетворенням різниці;

v – з попереднім перетворенням порівнюваних величин;

1 – вимірювальний канал, **2** – автогенераторний сенсор, **3** – частотний детектор, **4** – масштабний підсилювач, **5** – нормуючий перетворювач, **6** – схема порівняння, **7** – блок прийняття рішень.

За результатом порівняння $\Delta Y = Y - Y_H$ в блоці 7 приймається рішення про відповідність або невідповідність контрольованої величини X технологічному регламенту X_0 з урахуванням встановлених допусків. З урахуванням адитивної і мультиплікативної похибок вимірювального каналу результат контролю спотворюється

$$Y_{нжс} < S_H \left((1 + \gamma) X + \Delta X \right) \leq Y_{вр}, \quad (2)$$

де $Y_{нжс}$ і $Y_{вр}$ – нижнє і верхнє допустиме значення контрольованого параметру; X – поточне значення контрольованої величини; γ – відносна мультиплікативна похибка каналу; ΔX – абсолютна адитивна похибка каналу, приведена до його входу.

Похибки γ і ΔX мають дрейфовий характер, так як обумовлені випадковими процесами зносу та старіння сенсора та інших вимірювальних перетворювачів каналу. Періодична повірка та підстроювання параметрів каналу не завжди можлива, що суттєво знижує достовірність контролю. Особливо сильно впливають на параметри каналу зовнішні дії (температура, вологість, тиск та інше). Їх зміну важко передбачити і тому складно зкомпенсувати. В цьому відношенні краще норму задавати фізичною величиною X_H , що однорідна з контрольованою, а порівняння здійснювати безпосередньо на вході вимірювального каналу (рис.1,б). В цьому випадку всі вимірювальні перетворення здійснюються в одному каналі з різницевою величиною $\Delta X_p = X - X_H$, яка формується в схемі порівняння б і перетворюється в каналі 1 в різницеву електричну величину:

$$\Delta Y = S_H \left((1 + \gamma) (X - X_H) + \Delta X \right). \quad (3)$$

Якщо $X = X_H$, то помилки в прийнятті рішень про результат контролю визначаються практично тільки адитивною ΔX похибкою каналу:

$$\Delta Y = S_H \left(\Delta X \right) \leq Y_{вр} - Y_{нжс}. \quad (4)$$

Однак, реалізація одноканальної схеми порівняння в ряді випадків ускладнена через неможливість із величин X і X_H , що безпосередньо порівнюються, отримати їх різницю. Це відноситься до більшості параметрів технологічних процесів, які не мають направленої дії (витрати, вологість, температура, рівень і ін.). Тому в практиці вимірювального контролю знаходять системи з попереднім перетворенням порівнюваних неелектричних величин в електричні за допомогою автогенераторних сенсорів (рис. 1,в). В цьому випадку система контролю стає двоканальною, що складається із однакових парних перетворювачів (21 і 22, 31 і 32 та ін.). Дрейфові похибки, що виникають в процесі експлуатації таких систем, обумовлюють неідентичність характеристик перетворювальних каналів. При $X = X_H$ співвідношення (4) матиме вигляд:

$$\Delta Y = S_H \left[\gamma_1 - \gamma_2 \right] X_H + \Delta X_1 - \Delta X_2 \leq Y_{вр} - Y_{нжс}, \quad (5)$$

де γ_1 і γ_2 – відносні мультиплікативні похибки каналів; ΔX_1 і ΔX_2 – абсолютні адитивні похибки каналів.

Через випадковий характер похибок γ_1 , γ_2 , ΔX_1 і ΔX_2 двоканальні схеми контролю, не дивлячись на їх інваріантність до зовнішніх впливів, також не забезпечують високу достовірність контролю [3].

Одним із ефективних алгоритмів підвищення достовірності контролю є алгоритм періодичного порівняння контрольованої величини X з нормованою величиною X_H [1, 5].

Періодичне порівняння забезпечується почерговою дією величин, що порівнюються X і X_H (рис.2) на один і той же сенсор [4]. Така дія в залежності від природи порівнюваних величин може бути

забезпечена за допомогою автоматичних перемикачів (для електричних сигналів), дисками-абтюраторами, що обертаються (для оптичних випромінювань), керованими клапанами і заслінками (для рідинних потоків). В подальшому процес комутації порівнюваних величин будемо умовно показувати автоматичним перемикачем 1, який керується комутаційним генератором (мультивібратором) 2.

Вихідна напруга частотного детектора 4 при дії на вхід сенсора 3 вимірюваної величини X

$$U_4' = S_4 (+\gamma_4) X + \Delta X_4, \quad (6)$$

де S_4 – номінальна крутизна перетворення частоти в напругу; γ_4 і ΔX_4 – мультиплікативна і адитивна похибки сенсора з детектором.

При послідовній дії на вхід сенсора 3 нормованої величини X_H вихідна напруга частотного детектора

$$U_4'' = S_4 (+\gamma_4) X_H + \Delta X_4. \quad (7)$$

В результаті автоматичної роботи перемикача 1 на виході частотного детектора 4 утворюється часова послідовність імпульсів напруг тривалістю в напівперіод комутації з амплітудами U_4' і U_4'' . При нерівності амплітуд імпульсів ($U_4' \neq U_4''$) підсилювачем 5 змінної напруги, який використовується в якості масштабного перетворювача, відокремлюється і підсилюється змінна складова напруги частоти комутації

$$U_5 = K_5 \frac{U_4' - U_4''}{2} \text{sign sin } (\pi Ft), \quad (8)$$

де K_5 – коефіцієнт підсилення підсилювача 5 змінної напруги; F – частота перемикачів комутаційного генератора 2; sign sin – прямокутна огинаюча послідовності імпульсів.

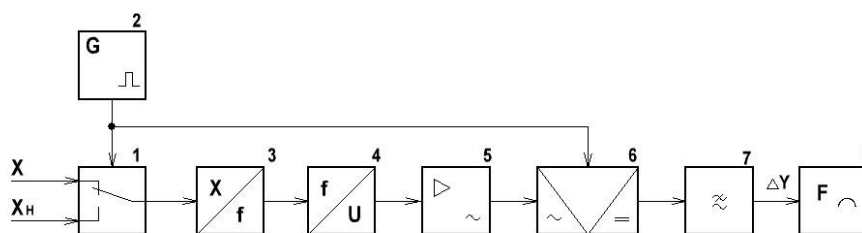


Рис.2. Автогенераторна система контролю періодичного порівняння
з заміщенням контрольованих величин:

- 1 – автоматичний перемикач, 2 – комутаційний генератор, 3 – автогенераторний сенсор,
4 – частотний детектор, 5 – підсилювач змінної напруги, 6 – фазочутливий випрямляч,
7 – фільтр нижніх частот, 8 – блок прийняття рішень

З урахуванням виразів (6) і (7) маємо:

$$U_5 = \frac{S_4 K_5}{2} (+\gamma_4) (X - X_H) \text{sign sin } (\pi Ft). \quad (9)$$

Змінна напруга (9) випрямлюється фазочутливим випрямлячем 6, який керується напругою комутаційного генератора 2 і виконує функціональне перетворення, і згладжується фільтром 7 нижніх

частот. Постійна напруга поступає на блок 8 прийняття рішення, в якому здійснюється порівняння з допуском:

$$\Delta Y = S_0 + \gamma_0 (X - X_H) \lesseqgtr Y_{вр} - Y_{нжс}, \quad (10)$$

де S_0 – результуюча крутизна одноканального періодичного порівняння; γ_0 – сумарна відносна мультиплікативна похибка.

Завдяки алгоритму періодичного порівняння на результат порівняння не впливає адитивна похибка ΔX_4 сенсора і детектора, а вплив мультиплікативної похибки γ_4 ослаблений, так як при $X=X_H$ різницева величина $\Delta Y=0$. Випадкові похибки, що швидко змінюються, усереднюються фільтром нижніх частот 7.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник Ю.О., Каламєєць Т.П., Осадчий В.П. Вдосконалення систем вимірювального контролю. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – №1. – С.22–28.
2. Арш Э.И. Автогенераторные методы и средства измерений. – М.: Машиностроение, 1979. – 256с.
3. Таланчук П.М., Скрипник Ю.О., Дубровний В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах. – К.:Райдуга, 1994. – 658с.
4. Скрипник Ю.А., Дубровный В.А., Тянюк Б.А. Контроль параметров технологических процессов в легкой промышленности. – К.: Техніка, 1980. – 239с.
5. Скрипник Ю.О., Шевченко К.Л. Підвищення достовірності технологічного контролю методом періодичного порівняння // Вісник КНУТД. – 2010. – Т.2, №5. – С.148–155.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2012

Оптимизация структур автогенераторных средств контроля

Скрипник Ю.А., Каламеец Т.П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В этой части статьи рассмотрены основные источники аддитивных и мультипликативных составляющих погрешностей в автогенераторных системах контроля. Проведен анализ погрешностей различных структурных схем автогенераторных систем контроля. Показано, что одним из эффективных алгоритмов повышения достоверности контроля есть алгоритм периодического сравнения контролируемой величины с нормированной величиной.

Ключевые слова: алгоритм, источники, контроль.

Optimization of structures of autogenerator controls

Skripnik U.A., Kalameyets T.P.

Kiev National universitet technology and Design

In this part of article the main sources of additive and multiplicative components of errors in autogenerating control systems are considered. The analysis of errors of various block diagrams of autogenerating control systems is carried out. It is shown that the algorithm of periodic comparison of the supervised size with normal size is one of effective algorithms of increase of reliability of control.

Keywords: algorithm, sources, control.