

ідентифікація форми розподілів для інших впливових величин, результати яких будуть повідомлені в наступній статті.

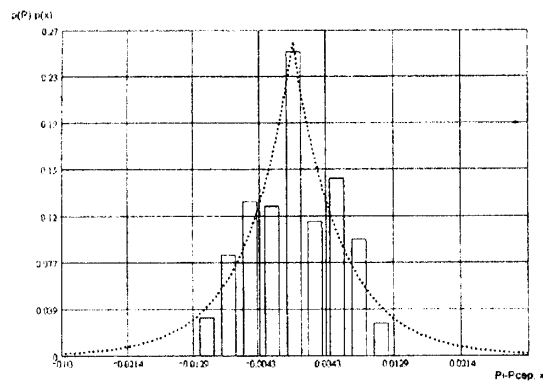


Рисунок 6 – Графік аналітичної функції розподілу значень надлишкового тиску

УДК 681.518 : 678.743.22

МЕТРОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ КАНАЛУ КОНТРОЛЮ КОНСТАНТИ ФІКЕНТЧЕРА К

Р.М.Лещій

ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. 4-60-67.

Для канала контролю константи Фикентчера К теоретически обоснована метрологическая модель. Показано, что разработанный канал состоит из двух компонентов: аналогового метрологического компонента и идеального дискретизатора. Выявлены источники погрешностей и разработана методика оценки погрешностей результатов прямых измерений.

В нафтовій і газовій промисловості широко застосовуються вироби з поліхлорвінілу (ПВХ). Це - ізоляція кабелів напругою до і вище 1000В, плівка для ізоляції підземних трубопроводів, будівельні матеріали тощо. Виготовляє ПВХ Калуський завод "Вінілхлорид" з вуглеводневої сировини - вінілхлориду. Якість ПВХ, згідно з ГОСТ 14039-78 Полівінілхлорид, емульсійна. Технічні умови. [1978.-16с.]. Контролюється періодично і визначається на підставі лабораторних досліджень проб за інтегральним показником якості К, який називають константою Фікентчера К;

$$K = \frac{10^3 \left[(1,51 \log \eta_{відн} - 1) + \sqrt{1 + \left(3 + \frac{300}{C} + 2,251 \log \eta_{відн} \right) \log \eta_{відн}} \right]}{150 + 3C}$$

Література

- ГОСТ 8.381-80 Эталоны. Способы выражения погрешностей. Введ. 13.05.80. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 9с.
- Тюрин Н.И. Введение в метрологию. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 248с.
- Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1991. –304с.
- Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей измерений. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – 248с.
- Яшин А.В. О выборе параметров оценок Розенблатта-Парзена при идентификации закона распределения погрешности эталона// Контрольно-измерительные приборы, 2000. №2. – с. 28 – 32.
- Катковник В.Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных. – М.: Наука, 1985. – 336с.

For channel checkable constant Fikentchera K theoretically motivation metrological model. Show, that designed channel consist with two component: analog metrological component and ideal sampling. Finding source inaccuracy and designed methodology rating inaccuracy result directly measurement.

де: $\eta_{відн}$ – відносна в'язкість; $\eta_{відн} = \frac{t}{t_0}$; t - середнє арифметичне часу витікання розчину за секунду; t_0 - середнє арифметичне часу витікання циклогексану; C - концентрація.

Проте час, що витрачається на відбір і аналіз проб, становить декілька годин. За цей час відбуваються суттєві зміни в реакторі полімеризації ПВХ, і відхилення константи Фікентчера К досягають 15-18%. В результаті замість високоякісного продукту підприємство може отримати ПВХ, який придатний для використання лише в будівництві. Тому актуальною є розробка неперервного методу контролю константи Фікентчера К.

Об'єктом досліджень вибрано розроблений нами метод неперервного контролю константи



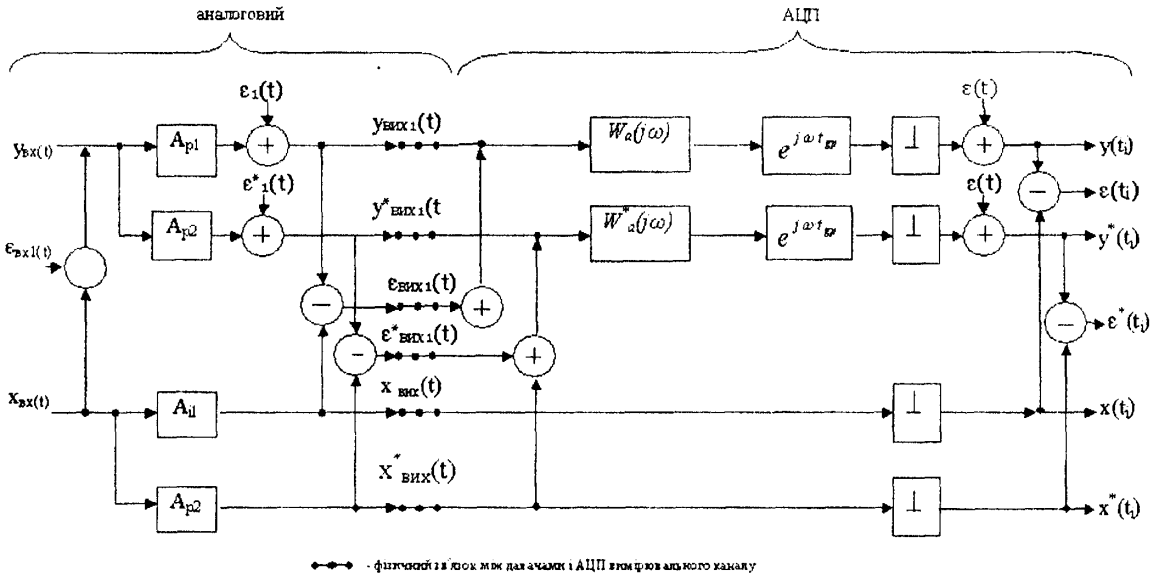


Рисунок 1 - Метрологічна модель каналу контролю константи Фікентчера К

Фікентчера К [1,2]. На відміну від існуючих лабораторних методів контролю розроблений метод дає змогу одержувати вимірювальну інформацію про якість продукту в реальному часі [3,4]. Для оцінки похибок контролю поставлена мета розробити метрологічну модель вимірювального каналу, яка б дала можливість виявити джерела похибок і оцінити результуючу похибку контролю.

Будемо виходити з того, що розрахунок метрологічних характеристик розробленого вимірювального каналу для контролю константи Фікентчера К повинен базуватися на використанні уніфікованого метрологічного опису окремих компонентів, з яких він складається – від аналогових вимірювальних перетворювачів активної потужності і струму, наступного аналого-цифрового перетворення і цифрової обробки даних до остаточного результату вимірювань. Маючи на увазі, що кінцевою метою є розрахунок метрологічних характеристик вимірювань, обмежимося лише формалізацією метрологічних властивостей вимірювального каналу, тобто його метрологічною моделлю. Така модель повинна дати формальний опис перетворень сигналів вимірюваної інформації, похибок цього перетворення, а також їх характеристики.

У відповідності з функціональною схемою вимірювального каналу розроблений канал контролю константи Фікентчера К належить до аналого-цифрових з послідовним аналоговим і цифровим перетворенням вимірювальної інформації.

Для створення метрологічної моделі вимірювального каналу скористаємося формальними метрологічними властивостями компонентів каналу та уніфікованою структурною схемою. Модель такого каналу, що дає формальний опис аналого-цифрових перетворень сигналів вимірювальної інформації, похибок цього пере-

творення, а також їх характеристик, зображена на рис.1. Вона відображає процес накопичення похибки перетворення.

На рис.1 використані такі позначення:

$x_{вх}(t)$ – сигнал вимірюваної величини – активної потужності електродвигуна мішалки реактора полімеризації ПВХ-Е;

$\epsilon_{вх}(t)$ – похибка, яка є однорідною з вимірюваною величиною (активною потужністю) і викликана перешкодами та пульсаціями, що накладаються на сигнал вимірюваної величини, а також взаємодію давача з контрольованим об'єктом – речовиною в реакторі ПВХ-Е.

$y_{вх}(t)$ – сигнал на вході чутливого елемента – давача активної потужності;

A_{p1}, A_{p1} – реальні оператори давачів активної потужності і струму вимірювального каналу;

A_{i1}, A_{i2} – ідеальні оператори давачів активної потужності і струму вимірювального каналу, тобто оператори безінерційного перетворення з передавальним коефіцієнтом $A_i=K_i$;

$\epsilon(t), \epsilon^*(t)$ – власні похибки давачів активної потужності і струму вимірювального каналу;

$\epsilon_{вих1}(t), \epsilon^*_{вих1}(t)$ – похибки, що накопичились на виході давачів активної потужності і струму вимірювального каналу;

$y_{вих1}(t), y^*_{вих1}(t)$ – сигнали вимірюваної інформації, що діють в реальному вимірювальному каналі контролю константи Фікентчера К на виході аналогового компонента;

– ідеальні, або бажані сигнали вимірюваної інформації, які були б у вимірювальному каналі з ідеальними операторами A_{i1}, A_{i2}

Позначення для другого компонента вимірювального каналу – АЦП – такі:



$W_a(j\omega), W_a^*(j\omega)$ – комплексні частотні характеристики аналогової частини АЦП для каналів вимірювання активної потужності і струму;

$W_\phi(j\omega) = e^{j\omega t_{gp}}$ комплексна частотна характеристика фіктивної фазозсуваючої ланки;

t_{gp} – граничне значення похибки датування відліку;

t_i – період повторення умовного імпульсного елемента;

$\varepsilon(t)$ – похибка АЦП, до складу якої входять активна і мультиплікативна похибки, а також похибка квантування.

Бачимо, що метрологічна модель контролю константи Фікентчера K має два паралельних ланцюги в аналоговому компоненті і в АЦП. За своїми властивостями вони аналогічні і відрізняються лише реальними операторами A_{p1}, A_{p2} давачів активної потужності і струму.

Використовуючи оператори A_{p1}, A_{i1} , отримуємо формальний математичний опис для давача активної потужності

$$y_{вих}(t) = A_{p1} [x_{вх1}(t) + \varepsilon_{вх}(t)] + \varepsilon_1(t) = A_{p1} y_{вх1}(t) + \varepsilon_1(t) \quad (1)$$

$$x_{вих1}(t) = A_{i1} x_{вх1}(t),$$

$$\varepsilon_{вих1}(t) = A_{p1} y_{вх1}(t) - A_{i1} x_{вх1}(t) + \varepsilon_1(t).$$

Аналогічно отримуємо формальний математичний опис для давача струму

$$y_{вих1}^*(t) = A_{p2} [x_{вх1}(t) + \varepsilon_{вх1}(t)] + \varepsilon_1^*(t) = A_{p2} y_{вх1}(t) + \varepsilon_1^*(t), \quad (2)$$

$$x_{вих1}^*(t) = A_{i2} x_{вх1}(t),$$

$$\varepsilon_{вих1}^*(t) = A_{p2} y_{вх1}(t) - A_{i2} x_{вх1}(t) + \varepsilon_1^*(t).$$

Оскільки оператори A_{p1} і A_{p2} лінійні, то

$$A_{p1} y_{вх1}(t) = A_{p1} [x_{вх1}(t) + \varepsilon_{вх1}^*(t)] = A_{p1} x_{вх1}(t) + A_{p1} \varepsilon_{вх1}(t), \quad (3)$$

$$A_{p2} y_{вх1}(t) = A_{p2} [x_{вх1}(t) + \varepsilon_{вх1}(t)] = A_{p2} x_{вх1}(t) + A_{p2} \varepsilon_{вх1}(t).$$

Тоді після підстановки (3) в (1) і (2) будемо мати

$$y_{вих1}(t) = A_{p1} x_{вх1}(t) + A_{p1} \varepsilon_{вх1}(t) + \varepsilon_1(t), \quad (4)$$

$$y_{вих1}^*(t) = A_{p2} x_{вх1}(t) + A_{p2} \varepsilon_{вх1}(t) + \varepsilon_1^*(t). \quad (5)$$

Рівняння (4) і (5) розрізняються лише реальними операторами A_{p1} і A_{p2} . Враховуючи, що реальний оператор давача струму A_{p2} має однаковий порядок з реальним оператором A_{p1} давача активної потужності, але його стала часу набагато менша, будемо розглядати метрологічну модель каналу контролю константи Фікентчера

K з одним, найбільш інерційним реальним оператором A_{p1} давача активної потужності. Спрощена метрологічна модель каналу контролю константи Фікентчера K зображена на рис.2.

Користуючись цією моделлю, розглянемо тепер другий фізичний компонент, що бере участь в аналогово-цифровому перетворенні сигналу від давача активної потужності – аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Відповідно до теорії імпульсних систем аналогово-цифрове перетворення можна представити у вигляді такої послідовності перетворень: інерційного аналогового і дискретизації, як це зображено на рис.2

Оскільки неперервна частина каналу і алгоритм роботи цифрового обчислювального пристрою лінійні, то систему контролю, що розглядається, можна досліджувати, як амплітудно-імпульсну. Для цього систему з цифровим обчислювальним пристроєм замінено еквівалентною імпульсною системою. На алгоритмічній схемі еквівалентної системи АЦП представимо у вигляді ідеального імпульсного елемента, і сигнали $y(t), x(t), \varepsilon(t)$ замінимо відповідними решітчатими функціями $y(t_i), x(t_i), \varepsilon(t_i)$.

Період повторення умовного імпульсного елемента t_i визначається періодичністю опитування давачів, тобто типом вводу в ЕОМ і виводу з ЕОМ, який задається від спеціального таймера через вхідний і вихідний комутатори (мультиплексор і демультіплексор). Час, що витрачає ЕОМ на обчислення, дуже малий порівняно з періодом t_i і його можна не враховувати.

Аналогова частина АЦП має комплексну частотну характеристику $W_a(j\omega)$.

Оскільки аналогово-цифрове перетворення супроводжується часовим зсувом моменту перетворень, то в аналогову частку АЦП додатково ввели фіктивну фазозсуваючу ланку.

В метрологічну модель аналого-цифрового перетворення цю ланку ввели з метою еквівалентного опису того внеску, який робить зсув часу моменту перетворень у загальну похибку. Це похибка датування відліку t_g .

Якщо t_{gp} – граничне значення цієї похибки, і ми хочемо отримати оцінки похибки у вигляді гарантованих оцінок зверху, то приходимо до висновку, що амплітудно-частотна характеристика цієї ланки $A_\phi(\omega) = 1$, фазо-частотна характеристика $\phi(\omega) = \omega t_{gp}$, а комплексна частотна характеристика

$$W_\phi(\omega) = e^{j\omega t_{gp}}.$$

Знак t_{gp} залежить від вибору точки відліку похибки датування. Похибка датування відліку, природно, впливає на похибку відліку миттєвих значень сигналу, що змінюється, оскільки за час t_g сигнал з виходу давача активної потуж-



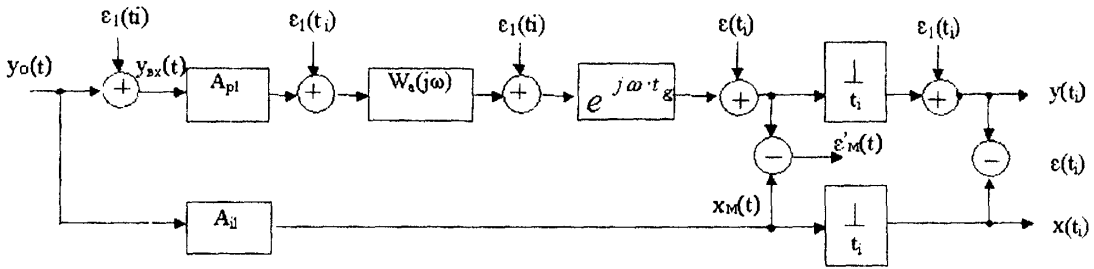


Рисунок 2 – Спрощена метрологічна модель каналу контролю константи Фейнцера К

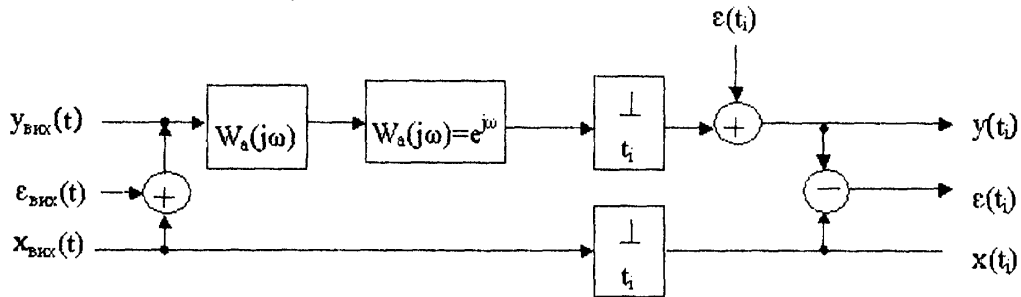


Рисунок 3 - Метрологічна модель АЦП

ності електродвигуна мішалки змінюється і, врешті рещт, на виході пристрою фіксується інше значення вхідного сигналу порівняно з тим, яке відповідає базисному моменту часу. Це апертурна похибка [5].

В реальних умовах можна вважати, що аналогове перетворення здійснюється комутатором безінерційно і внесок його в похибку датування можна не враховувати.

Характеристики похибки $\epsilon(t)$ АЦП визначаються експериментально з використанням постійного зразкового вхідного сигналу, що подається від калібратора. До складу похибки $\epsilon(t)$ входять адитивна і мультиплікативна похибки, а також похибка квантування.

Ідеальним оператором для АЦП є оператор ідеальної дискретизації з передачею миттєвих значень сигналів в моменти часу t_i без пошкоджень. Реальний оператор АЦП – це оператор тотожного перетворення миттєвих значень вхідних сигналів, що відповідають моментам часу t_i . Це перетворення пошкоджується похибками $\epsilon(t_i)$, а також похибками, що викликані затримками моментів їх відліку, які проявляються лише при змінному вхідному сигналі. Отже, метрологічна модель АЦП має вигляд схеми, що зображена на рис.3.

Для більшості видів АЦП реальний оператор в частотній області має такий вигляд:

$$W_a(j\omega) = e^{j\omega t_{gp}}$$

Проте, оскільки на вході АЦП у пристрої контролю константи Фейнцера К стоїть аналоговий фільтр, то $W_a(j\omega)$ – це комплексна частотна характеристика цього фільтру, тобто:

$$W_a(j\omega) = \frac{K^*}{T^* j\omega + 1}$$

Тоді реальний оператор неперервної частини АЦП має такий вигляд:

$$W(j\omega) = \frac{K^*}{T^* j\omega + 1} \cdot e^{j\omega t_{gp}}$$

де K^* і T^* - передавальний коефіцієнт і стала часу.

Реальна похибка розробленого каналу контролю константи Фейнцера К складається з похибки комутації АЦП і похибки квантування. Похибка датування відліків складається із похибки датування відліків АЦП, затримки запуску АЦП на час затухання перехідних процесів комутатора, витрат процесорного й інтерфейсного часу на керування комутатором і АЦП, а також витрат часу на вимірювання в інших каналах, які перемикаються цим комутатором. При великій кількості каналів похибка датування відліків власне АЦП мала порівняно з іншими витратами часу і нею можна знехтувати.

Таким чином, розроблений канал аналогово-цифрового перетворення можна поділити на два компоненти: аналоговий метрологічний



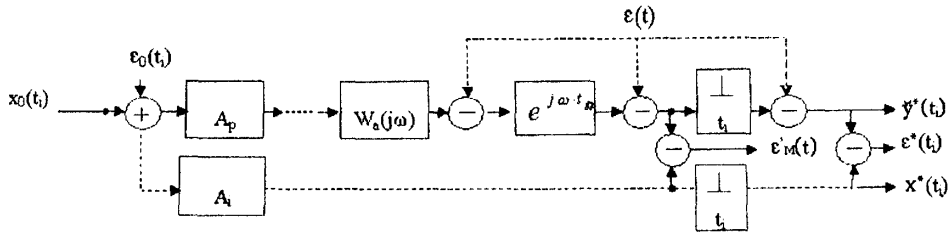


Рисунок 4. Метрологічна модель каналу контролю Фікентчера К

компонент з реальною комплексною частотною характеристикою

$$W(j\omega) = W_a(j\omega)e^{j\omega t_{gp}}$$

та ідеальний дискретизатор.

Аналоговий метрологічний компонент АЦП містить опис інерційних спотворень і апертурних похибок, що виникають при такому перетворенні. Оскільки ідеальним оператором є оператор тотожного перетворення та реальні оператори, близькі до нього, власні похибки комутатора і АЦП приводять до будь-якої з точок схеми. Це означає, що формальні аналогові метрологічні компоненти лінійної частини каналу контролю константи Фікентчера К доцільно об'єднати і розглядати спільно. Цьому сприяє той факт, що математичний опис аналогової лінійної частини аналого-цифрових метрологічних компонентів разом з фіктивною фазозсуваючою ланкою узгоджено з математичним описом усіх попередніх аналогових метрологічних компонентів в часовій і частотній областях. Тоді окремо буде фігурувати лише дискретизатор, як це зображено на метрологічній моделі каналу контролю константи Фікентчера К, що зображена на рис.4

Зі схеми, що зображена на цьому рисунку, випливає, що на її виході спостерігається сигнал вимірювальної інформації у вигляді послідовності кодованих значень $y^*(t_i)$, датованих в моменти часу t_i . По суті, $y^*(t_i)$ являють собою результат окремих вимірювань константи Фікентчера К, $\epsilon^*(t_i)$ – похибки результатів прямих вимірювань, характеристики яких у своєму складі враховують похибки АЦП і апертурні похибки, а $x^*(t_i)$ – значення ідеального сигналу в момент часу t_i .

Характеристики похибки $\epsilon^*(t_i)$ прямих вимірювань можуть бути отримані не тільки шляхом розрахунків з використанням отриманих вище формальних метрологічних компонентів і відповідних моделей, але й експериментально-шляхом перевірки розробленого вимірювального каналу.

Розроблена метрологічна модель каналу контролю константи Фікентчера К може бути використана для метрологічної оцінки таких пристроїв контролю, як ротаційні віскозиметри, пристрої контролю потужності і моменту на валі різних механізмів з електричним приводом та ін.

Література

- 1 Шульга О.М., Віххірева Н.П., Мельник Л.О. Стан і перспективи розвитку виробництва виробів з полівінілхлоридного пластизолу в Україні // Хімічна промисловість України.- 2001.- № 4 – С.3-5.
- 2 ГОСТ 14040-82 Поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида. Метод определения числа вязкости и значения К.- М.: Изд. стандартов, 1982 – 5с.
- 3 Лещій Р.М. Метод неперервного контролю ступеня полімеризації емульсійного полівінілхлориду // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – № 4. – С.70-71.
- 4 Лещій Р.М. Контроль показників якості емульсійного полівінілхлориду // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-1998.- № 3. – С.41-44.
- 5 Солопченко Г.Н. Формальные метрологические компоненты измерительных систем // Измерения, контроль, автоматизация.- 1989.- № 3.– С.3-12.

