



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43941 (13) A

(51) G 06F 15/36, G 06F 17/00, G 06F 19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ДИСПЕРСІЇ ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

1

2

(21) 99073919

(22) 09 07 1999

(24) 15 01 2002

(46) 15 01 2002, Бюл. № 1, 2002 р.

(72) Кунченко Юрій Петрович, Заболотний
Сергій Васильович

(73) Черкаський інженерно-технологічний

(57) Спосіб вимірювання дисперсії випадкового процесу, що складається з подачі випадкового процесу на центруючий фільтр, з виходу якого центрований випадковий процес подається в аналого-цифровий перетворювач, що здійснює дискретизацію неперервного випадкового коливання, після чого дискретні числові значення подаються на два входи перемножувача (квадратора), на виході якого отримують квадрати вибірових значень випадкового процесу, які подають на вхід пристрою для усереднення, що обчислює арифметичне середнє числових значень, що надходять на його вхід, з отриманням результату значення оцінки дисперсії на його виході, який відрізняється тим, що вибірові значення з виходу аналого-цифрового перетворювача подають на додатково встановлений пристрій усереднення вибірових значень та на додатковий перемножувач, на другий вхід якого подають сигнал з виходу першого перемножувача, при цьому на виході додат-

кового перемножувача отримують куби вибірових значень, які подають на другий додатковий пристрій усереднення, а значення оцінки дисперсії з виходу блока усереднення подаються на вихідний суматор, на два інші входи якого подають дві коректуючі величини, перша з яких формується із виходу першого додаткового пристрою усереднення вибірових значень, який подають на другий додатковий перемножувач, на другий вхід якого подають інвертовану інвертором величину коефіцієнта асиметрії, що подають із виходу ключа, після чого величину з виходу другого додаткового перемножувача подають на третій додатковий перемножувач для піднесення в квадрат та подають на перший дільник, де її розділяють на два і подають на вихідний суматор, при цьому друга коректуюча величина з виходу другого додаткового перемножувача подається на четвертий додатковий перемножувач, де її перемножують з величиною, що дорівнює квадратному кореню, отриманому в блоці зведення в ступінь, на вхід якого подають величину, що отримують на виході додаткового суматора, на один вхід якого подають величину з виходу пристрою для усереднення, а на другий – половину першої коректуючої величини

Запропонований спосіб відноситься до обчислювальної техніки і може бути використаний для вимірювання дисперсії стаціонарних негаусівських випадкових процесів різноманітної природи походження та застосовуватись в інформаційно-вимірювальних системах радіотехніки, автоматичного управління та інш.

Відомий спосіб вимірювання дисперсії випадкового процесу, що наведено в роботі [1, стр. 91-97], складається з подачі випадкового процесу на

центруючий фільтр (ЦФ), з виходу якого, центрований випадковий процес подається в аналого-цифровий перетворювач (АЦП), що здійснює дискретизацію неперервного випадкового коливання, після чого дискретні числові значення подаються на два входи перемножувача (квадратора), на виході якого отримують квадрати вибірових значень випадкового процесу, які подають на вхід пристрою для усереднення, що обчислює арифметичне середнє числових значень, що поступають на

(13) A

(11) 43941

(19) UA

його вхід, з отриманням результату значення оцінки дисперсії на його виході

Необхідною умовою застосування даного способу є одержання в результаті дискретизації неперервного випадкового процесу на виході АЦП послідовності (вибірки) однаково розподілених некорельованих випадкових чисел (величин). Для цього частота дискретизації повинна вибиратися таким чином, щоб період дискретизації перевищував максимальний інтервал кореляції досліджуваного випадкового процесу [1]

Недоліком такого способу, методологічною основою якого являється так званий метод моментів, є не врахування впливу можливої відмінності від гаусівського закону розподілу ймовірностей випадкових процесів, що вимірюються. При великій степені цієї відмінності, точність вимірювання виявляється досить незначною

В основу винаходу поставлено задачу створення нового способу вимірювання дисперсії випадкового процесу з більш високою точністю. Це досягається тим, що випадковий процес подають на центруючий фільтр, з виходу якого центрований випадковий процес подають в аналого-цифровий перетворювач, що здійснює дискретизацію неперервного випадкового коливання, після чого дискретні числові значення подають на два входи перемножувача (квадратора), на виході якого отримують квадрати вибірових значень випадкового процесу, які подають на вхід пристрою для усереднення, що обчислює арифметичне середнє числових значень, що поступають на його вхід, з отриманням результату значення оцінки дисперсії на його виході, згідно винаходу, вибірові значення з виходу аналого-цифрового перетворювача подають на додатково встановлений пристрій усереднення вибірових значень, та на додатковий перемножувач, на другий вхід якого подають сигнал з виходу першого перемножувача, при цьому на виході додаткового перемножувача отримують куби вибірових значень, які подають на другий додатковий пристрій усереднення, а значення оцінки дисперсії з виходу блока усереднення подають, на вихідний суматор, на два інші входи якого подають дві коректуючі величини, перша з яких формується із виходу першого додаткового пристрою усереднення вибірових значень, який подають на другий додатковий перемножувач, на другий вхід якого подають інвертовану інвертором величину коефіцієнта асиметрії, що подають із виходу ключа, після чого величину з виходу другого додаткового перемножувача подають на третій додатковий перемножувач для піднесення в квадрат та подають на перший дільник, де його розділяють на два і подають на вихідний суматор, при цьому другу коректуючу величину з виходу другого додаткового перемножувача подають на четвертий додатковий перемножувач, де перемножують з величиною, що дорівнює квадратному кореню, отриманому в блоці зведення в ступінь, на вхід якого подають величину, що отримують на виході додаткового суматора, на один вхід якого подають величину з виходу пристрою для усереднення, а на другий - половину першої коректуючої величини

Застосування способу, що пропонується, не базується на конкретному законі розподілу ймовірностей випадкового процесу, що аналізується. Використовуються більш прості статистичні характеристики, а саме кумулянтні коефіцієнти асиметрії та ексцесу, відмінність яких від нульового значення саме і характеризують ступінь відхилення будь-якого випадкового процесу від гаусівської моделі [2]

Відповідно до методу моментів, вибірові (статистичні) моменти привіюють до теоретичних. Тобто дисперсія процесу, величина якої аналогічна другому початковому моменту (вважаючи, що процес центрований $\mu = 0$) знаходиться за формулою

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\mu}_2 = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^2 \quad (1)$$

Проте така оцінка є досить грубою і при значній степені відмінності закону розподілу ймовірностей від гаусівського, її дисперсія буде далекою від ефективної. Відповідно точність вимірювання буде низькою

Для подолання цього недоліку пропонується ввести ряд додаткових лінійних і нелінійних перетворень над вибіровими значеннями і кінцеву, коректовану оцінку шуканого значення дисперсії знаходити за формулою

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^2 + \frac{1}{2} \gamma_3^2 \left(\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v \right)^2 - \gamma_3 \left(\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v \right) \left[\frac{1}{4} \gamma_3^2 \left(\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v \right)^2 + \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

де γ_3 - коефіцієнт асиметрії випадкового процесу, що спостерігається

Очевидно, що якщо $\gamma_3 = 0$, то вираз (2) стає тотожним виразу (1)

При використанні запропонованого способу можливі дві ситуації

1) Якщо априорно, до початку вимірювання, відомо істинне значення величини коефіцієнта асиметрії γ_3 завади, дисперсія якої підлягає вимірові, то для одержання оцінки використовується вираз (2). При цьому вираш у точності в порівнянні з оцінкою, що отримується з (1), характеризується коефіцієнтом зменшення дисперсії оцінки, який

$$g = \frac{\sigma_D^2}{\sigma_D^2}$$

буде складати $\frac{\sigma_D^2}{\sigma_D^2}$ раз. В даному випадку g є функцією коефіцієнтів асиметрії γ_3 та ексцесу γ_4

$$g(\gamma_3, \gamma_4) = 1 - \frac{\gamma_3^2}{\gamma_4 + 2} \quad (3)$$

Використовуючи відоме [2] співвідношення $2 + \gamma_4 > \gamma_3^2$, легко показати, що значення коефіцієнта зменшення дисперсії g належить інтервалу

2) Якщо інформація про значення коефіцієнта асиметрії відсутня до початку експерименту, то у формулу (2) замість значення γ_3 необхідно підста-

вляти її оцінку $\hat{\gamma}_3$, знайдену методом моментів по формулі

$$\hat{\epsilon}_3 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^2 \right)^{\frac{3}{2}}}$$

В другому випадку точність виміру трохи зменшується, проте при об'ємі вибірки $n = 100 - 200$ значень це погіршення складає приблизно 5-10% від виграшу, що описується формулою (3)

Для ілюстрації роботи способу представлені наступні графічні матеріали

На Фіг 1 - блок-схема роботи способу

На Фіг 2 - залежність коефіцієнта зменшення дисперсії оцінок параметра D , при $\gamma_4 = -0,5$,

На Фіг 3 - залежність коефіцієнта зменшення дисперсії оцінок параметра D , при $\gamma_4 = 0$,

На Фіг 4 - залежність коефіцієнта зменшення дисперсії оцінок параметра D , при $\gamma_4 = 1$

Блок-схема, зображена на Фіг 1, ілюструє роботу способу та складається з центруючого фільтра 1, аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 2, перемножувача 3, додаткового перемножувача 4, додаткового пристрою для усереднення 5, пристрою для усереднення 6, другого додаткового перемножувача 1, інвертора 8, ключа 9, третього додаткового дільника 10, другого додаткового блоку зведення в степінь 11, другого додаткового перемножувача 12, першого додаткового дільника 13, третього додаткового перемножувача 14, другого додаткового дільника 15, четвертого додаткового перемножувача 16, додаткового блоку зведення в степінь 17, додаткового суматора 18, вихідного суматора 19

Структуру блок-схеми і її функціонування способу умовно можна розділити на чотири основні блоки

Перший блок (центруючий фільтр 1) здійснює центрування випадкового процесу, тобто одфільтровує постійну складову

Другий блок (аналого-цифровий перетворювач 2) здійснює дискретизацію поданого на його вхід центрованого неперервного випадкового процесу, на його виході отримується послідовність випадкових величин (вибірка)

Третім є блок обчислювання статистичних моментів (БОСМ), який складається з двох перемножувачів 3 і 4, на виході яких отримуються відповідно квадрати і куби вибірових значень та трьох пристроїв 5, 6, 7, що вираховують арифметичне середнє числових значень, що поступають на їх вхід (операції накопичування та нормування) Цей блок протягом усього часу вимірювання обчислює усереднені статистики (статистичні моменти перших трьох порядків) На виході пристрою 5 - лінійну $\hat{\mu}_1$, на виході пристрою 6 - квадратичну $\hat{\mu}_2$, що є грубою оцінкою дисперсії та на виході пристрою 7 - кубічну $\hat{\mu}_3$

Останнім є блок корекції оцінок, що по закінченню вимірювання здійснює корекцію значення другого статистичного моменту з урахуванням впливу асиметричності завади, виходом якого є вихід суматора 19, на який подаються груба оцінка $\hat{\mu}_2$ та дві величини (складові), що відповідно до формули (2) коректують оцінку, роблячи її більш точною з урахуванням можливої асиметричності процесу Перша компенсуюча складова форму-

ється із лінійної статистики $\hat{\mu}_1$, що в блоці 12 перемножується із інвертованою блоком 8 величиною коефіцієнта асиметрії, в перемножувачі 14 підноситься до квадрату, в дільнику 13 ділиться на два і подається на вхід суматора 19 Друга складова, що подається на суматор 19 отримується наступним чином вихідна величина з виходу перемножувача 12 подається на перемножувач 16 де перемножується з величиною, яка дорівнює квадратному кореню, що обчислюється блоком 17, від суми, що отримується на виході суматора 18, на входи якого подаються квадратична статистика $\hat{\mu}_2$ та величина, що дорівнює половині першої складової, яка подається через дільник 15 Режим роботи ключа 9 залежить від того, чи відоме до початку вимірювання значення коефіцієнту асиметрії Якщо ця інформація відсутня то необхідно встановити ключ 9 в положення 3 і на вхід інвертора 8 буде подаватись оціночне значення коефі-

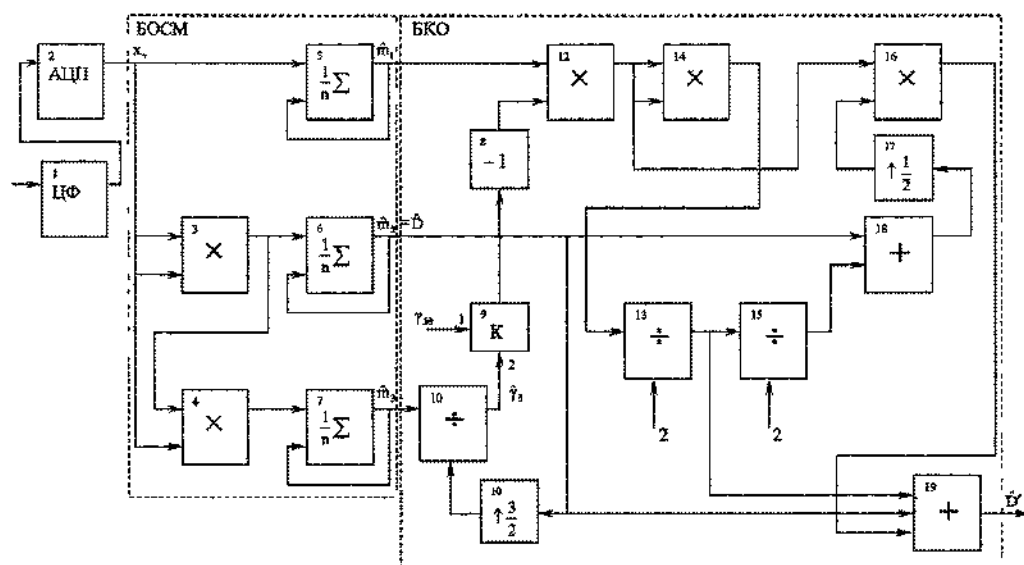
цієнту асиметрії $\hat{\epsilon}_3$, яке отримується на виході дільника 10 в якому кубічна статистика $\hat{\mu}_3$ ді-

литься на квадратичну статистику $\hat{\mu}_2$, піднесену до $\frac{2}{3}$ степені - в блоці 10 У положенні 1 ключа 9 на вхід інвертора 8 повинно подаватись відоме значення коефіцієнта асиметрії γ_3 В цьому випадку блоки 4, 7, 10, 11 залишаються незадіяні

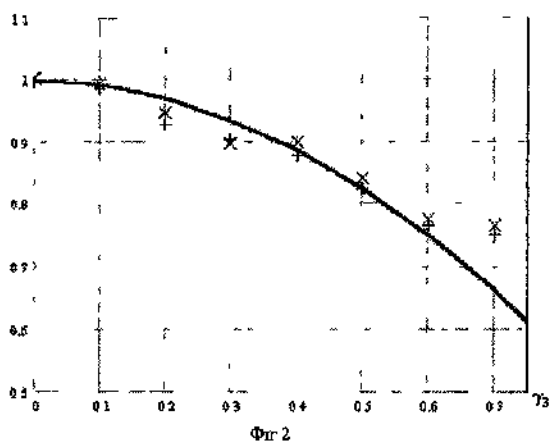
Графіки наведеш на Фіг 2, Фіг 3, Фіг 4 отримані в результаті імітаційного комп'ютерного моделювання роботи запропонованого способу (теоретичний виграш зображений неперервною лінією, а його експериментальні значення, знайдені в дискретних точках, для першого випадку позначені знаками "+", а для другого "x" Ці залежності, побудовані в результаті усереднення даних, отримані після проведенні 200 іспитів при об'ємі вибірки $n = 200$)

Література

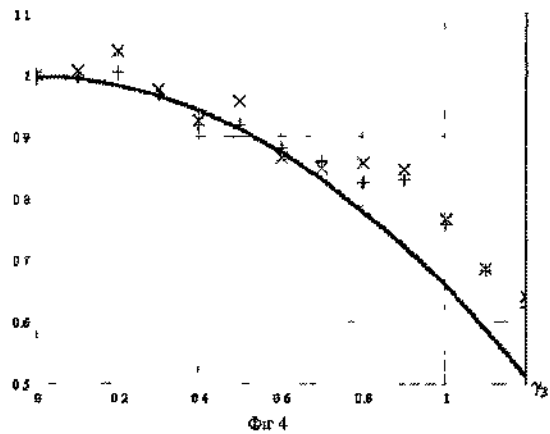
- 1 Мирский Г Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов - 2-е изд - М Энергия, 1972 - 456 с
- 2 Малахов А Н. Кумулянтный анализ негаусовских случайных процессов и их преобразований - М Сов радио, 1978 - 376 с



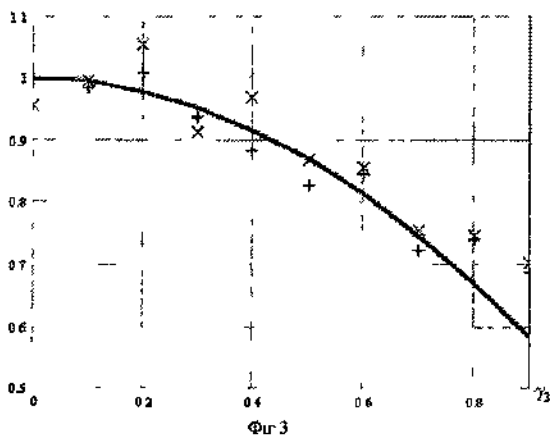
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4



Фиг. 3

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90