

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ RZ - СИГНАЛІВ НА ФОНІ НЕГАУСОВИХ ЗАВАД В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ (ІВС)

Зорін О.С.

Черкаський державний технологічний університет, Україна

E-mail: snjzrin@gmail.com

METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF PROCESSING RZ-SIGNALS AGAINST THE BACKGROUND OF NON-GAUSSIAN INTERFERENCE IN INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

The paper considers the problem of increasing the efficiency of bipolar discrete RZ-signal detection systems in information and measuring systems operating under non-Gaussian interference. It is proposed to use the moment-cumulative description of random processes to develop momentary quality criteria for testing statistical hypotheses and polynomial decision-making rules. The proposed approach allows taking into account non-Gaussian interference parameters, which significantly increases the accuracy of signal processing. It is established that the use of moment-cumulative representation of signals and synthesized algorithms allows reducing the probability of errors in systems against the background of non-Gaussian interference, which is confirmed by the results of modeling, using ROC curves.

Системи передачі та прийому даних є невід'ємною складовою сучасних ІВС. Розвиток таких систем супроводжується зростанням вимог до якості обробки прийнятих даних. При проектуванні подібних систем широко використовується лінійне кодування повідомлень, зокрема RZ-кодування [1].

На функціонування сучасних ІВС, як правило, впливають різноманітні дестабілізуючі завади, що в свою чергу позначається на якості та ефективності їхньої роботи. Один із дієвих підходів до вдосконалення процесів обробки інформації в ІВС — це розробка методів і засобів математичного та комп'ютерного моделювання, що дозволяє підвищити точність обробки сигналів і знизити ймовірність помилок в умовах дії завад.

Проблеми, що виникають при вдосконаленні ІВС, пов'язані зі створенням ефективних методів обробки сигналів на фоні негаусових завад, які є випадковими процесами. Традиційний підхід до дослідження та розробки систем обробки суміші дискретних сигналів і негаусових завад має значні обмеження, зумовлені складністю алгоритмічної реалізації та високими обчислювальними витратами. Це ускладнює розробку якісних програмно-алгоритмічних і апаратних засобів для обробки сигналів. Зазначені особливості можуть значно ускладнювати застосування традиційних методів обробки сигналів, заснованих на ймовірнісних критеріях якості, таких як критерій Байеса, максимальної правдоподібності або Неймана-Пірсона. У цих методах випадкові величини описуються за допомогою щільностей розподілу ймовірностей, що створює додаткові труднощі при роботі з негаусовими завадами [2].

Отже, альтернативним підходом до розв'язання задачі може стати використання моментно-кумулянтного опису випадкових процесів та

моментних критеріїв якості перевірки статистичних гіпотез, для розробки правил виявлення сигналів на фоні негаусових завад.

Метою роботи є підвищення ефективності систем прийому даних для виявлення RZ - сигналів на фоні негаусових завад шляхом застосування моментно-кумулянтного представлення випадкових величин. Це включає розробку моментного критерію якості для перевірки статистичної гіпотези та поліноміальних правил прийняття рішень.

Постановка задачі: Нехай на інтервалі спостереження $(0 - T)$ спостерігаються випадкові сигнали $\xi_i(t)$, $i = 0, 1, 2$ які являють собою адитивну суміш постійних корисних сигналів a_1 , $-a_2$ та з $\eta(t)$ – асиметрично-ексцесної негаусової завади з нульовим математичним сподіванням та дисперсією χ_2 : $\xi_0(t) = \eta(t)$, $\xi_1(t) = a_1 + \eta(t)$, $\xi_2(t) = -a_2 + \eta(t)$. З випадкової суміші сигналів $\xi_i(t)$, $i = 0, 1, 2$ отримуємо вектор вибірових значень $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, за результатами обробки якого необхідно прийняти рішення про реалізацію гіпотези H_1 або H_2 , що відповідає прийому постійного корисного сигналу a_1 або $-a_2$ відповідно, або рішення про реалізацію гіпотези H_0 , що характеризує наявність адитивної негаусової завади. Кожному сигналу, який приймається, відповідає моментно-кумулянтний опис, представлений у вигляді кінцевої послідовності моментів $m_i[\{0, \chi_{i2}, \gamma_{i3}, \dots, \gamma_{ij}\}]$, де $\gamma_{i3}, \dots, \gamma_{ij}$ – кумулянтні коефіцієнти, які описують ознаки негаусової завади $\eta(t)$.

Для обробки вектору вибірових значень $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ пропонується використовувати нелінійні розв'язувальні правила (РП), які представлено у вигляді стохастичних поліномів. Синтезовані РП при степені полінома $S = 1$, являють собою систему рівнянь перевірки гіпотез H_{10}, H_{20}, H_{21} , які не враховують негаусівський розподіл досліджуваних випадкових процесів. При збільшенні степені полінома до $S = 2$ використовуються початкові моменти 3-го та 4-го порядків, що дає можливість врахувати негаусові параметри досліджуваних випадкових процесів, зокрема для даної постановки задачі у вигляді коефіцієнту асиметрії та ексцесу γ_3, γ_4 відповідно [3].

Аналіз отриманих результатів: Для оцінки ефективності отриманих результатів проведено побудову ROC (receiver operating characteristic) кривої, яка застосовується для оцінки якості моделей (в даному випадку вона характеризує помилки першого та другого роду при степені поліному $S = 1, S = 2$). На рис.1. показано результати моделювання ROC кривої детектора поліноміальної обробки сигналу на фоні негаусових завад.

Показано, що для моделі негаусової завади, коли коефіцієнти асиметрії (γ_3) і ексцесу (γ_4) дорівнюють нулю, характеристики лінійного РП ($S = 1$) і нелінійного РП ($S = 2$) однакові (рис. 1-а). Важливо відзначити, що лінійне РП збігається з класичним РП, яке виведене із ймовірності передбачуваної моделі негаусової завади. Із збільшенням коефіцієнта асиметрії (значення $\gamma_3 = 0.5, 1.0, 1.2$ для кількості вибірових значень $n = 100$, на рис. 1в і 1г значення γ_3 однакові і дорівнюють 1.0 (на рис. 1в $\gamma_3 = 1$, на рис. 1г $\gamma_3 = 1.0$), наведені на рис.1. б,

в, г) крива відхиляється у верхній лівий кут. Це свідчить про збільшення ефективності роботи нелінійного РП в порівнянні з лінійним. Врахування негаусової характеристики досліджуваних процесів у вигляді коефіцієнтів асиметрії та ексцесу ($\gamma_3 \neq 0, \gamma_4 \neq 0$) дозволяє збільшити ефективність роботи РП при нелінійній обробці вибірових значень $S = 2$, у порівнянні з добре відомими результатами для негаусових моделей $S = 1$.

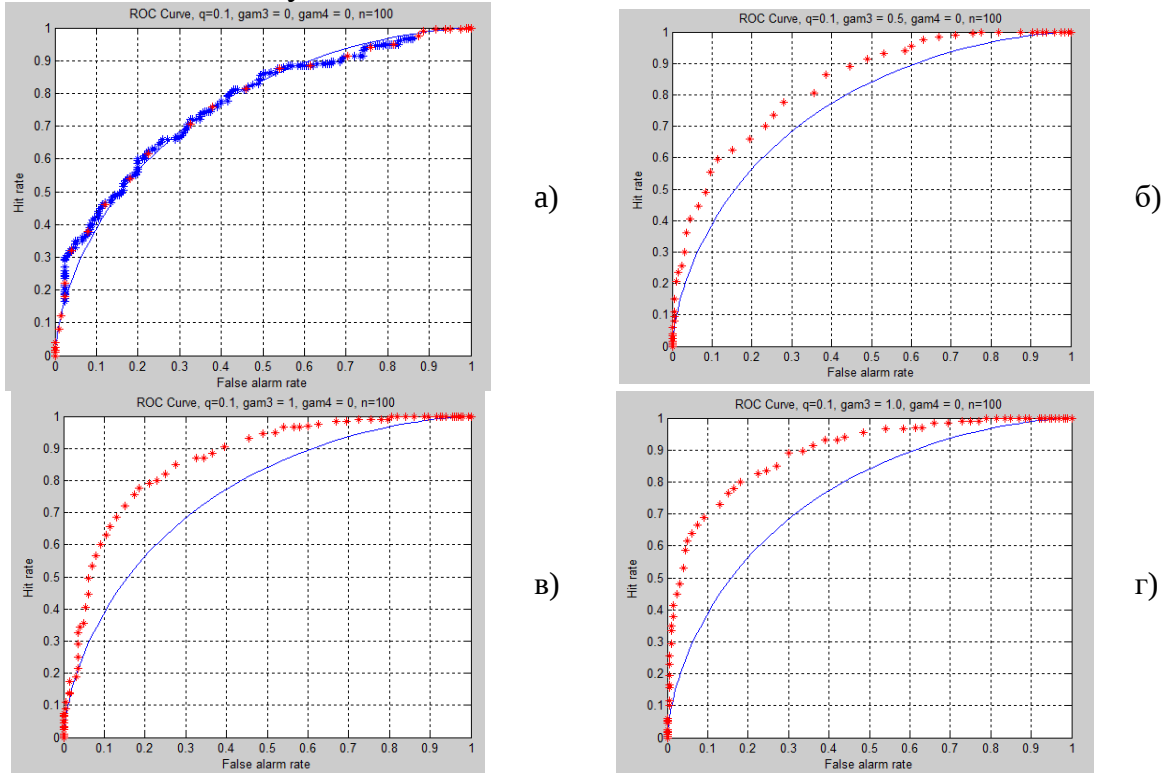


Рис.1. Моделювання кривої ROC детектора поліноміального сигналу на фоні негаусових завад.

Висновки. У роботі запропоновано альтернативний підхід до опису випадкових процесів. Цей підхід заснований на використанні моментів і кумулянтів, нескінченна послідовність яких дозволить точно наблизити запропонований опис випадкових величин до повного імовірнісного процесу. Дослідження показали, що новий підхід до опису випадкових величин і синтезу РП може підвищити точність обробки сигналів порівняно з добре відомими результатами. Використання запропонованого методу та синтезованих алгоритмів підвищує завадостійкість системи прийому біполярних дискретних сигналів в ІВС, що підтверджено результатами моделювання.

Література

1. Mahmoud M. A., Ahmed Nabih Zaki Rashed. Hybrid NRZ/RZ line coding scheme based hybrid FSO/FO dual, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Vol. 22, No. 2, May 2021 p. 866-873.
2. Y.Kunchenko: Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random Variables, Aachen: Shaker Verlag, 2002.
3. V. Palahin, O. Zorin., Models and methods for RZ-signals distinction in non-Gaussian noise for information-measurement systems, Journal of Electrical Engineering, Vol. 75, No. 5, 2024, pp. 372-382.