

УДК 621.391.2

І.В. Маслов, к.т.н., доц.

Л.М. Заміховський, д.т.н, проф.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

### ІНВАРІАНТНА ОПТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДАНИХ ПРОЦЕСІВ БУРІННЯ НА НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

*Наведені структура, алгоритм роботи та визначена завадостійкість триканальної непараметричної лазерної системи передавання даних процесів буріння в умовах дії хаотичних імпульсних завад з розподілами Вейбулла і Пуассона.*

При проектуванні систем передачі даних часто приходиться зіштовхуватись із задачами виявлення сигналів у завадах, статистичні характеристики яких заздалегідь невідомі або схильні до зміни.

Останнім часом для розв'язання таких задач використовується інваріантний метод обробки повідомлень, частковим випадком якого є непараметричний метод. Цей метод забезпечує постійність неправдивого приймання сигналу в умовах відсутності апріорної інформації про вид і параметри розподілу шумового фону або при їх зміні з часом. Подія неправдивого приймання відповідає ситуації приймання пристроєм неправильного рішення, що переданий сигнал  $U_i$  ( $i \neq 0$ ) при умові, якщо насправді жодний сигнал не був переданий. Застосування непараметричної обробки даних в оптичних системах особливо доцільне, якщо розподіл завади відрізняється від нормального. З цим зустрічаються в оптичному діапазоні передачі повідомлень внаслідок турбулентності атмосфери за наявності хаотичних імпульсних завад коливань за рахунок відбиття сигналів від перешкод тощо.

Найбільш потужним алгоритмом реалізації непараметричного методу обробки є ранговий алгоритм, сутність якого полягає не в аналізі значень спостережених величин, а в співвідношенні між ними. Рангом  $R_i$  елемента вибірки  $x_i$  є порядковий номер цього елементу у варіаційному ряді з елементів  $x$  (або  $x$  і  $y$ ), розташованих в порядку зростання від меншого до більшого. Доведено, що при використанні одно- або двовибірних знакових тестів рангів задача виявлення сигналу з позиції теорії перевірки статистичних гіпотез розглядається як перевірка гіпотези  $H_0$  про те, що спостережний процес є завадою проти альтернативи  $H_1$ , що цей процес є сумішшю сигналу і завади. Точність виявлення сигналів залежить від кількості вибірок рангів дослідного процесу і пов'язана із швидкістю обробки даних. Тому, незважаючи на те, що непараметричні методи статистики були відомі давно, їх використання в системах прийому даних стало можливим тільки з появою сучасних швидкодіючих інтегральних схем з малим дрейфом нуля.

Актуальною проблемою оптичних систем передачі інформації є визначення рівня сигналу, що забезпечує високу ймовірність вірного його виявлення при заданих дальностях передачі даних у пуассонівських і вейбуллівських шумах, які є граничними для ряду практично важливих випадків [1], [2].

В роботі розглядаються питання забезпечення простими методами інваріантного прийому імпульсних сигналів і алгоритм статистичної обробки прийнятих повідомлень, який не пов'язаний з рівнем корисного сигналу.

Ефективним алгоритмом рангової процедури виявлення гіпотези  $H_1$  проти альтернативи  $H_0$ , що прийнятий процес є тільки завадою, є алгоритм Вілкоксона [3]:

$$S = \sum_{i=1}^n r_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h(x_i - y_j) \quad C, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість шумових вибірок  $y_1, y_2, \dots, y_m$ ;  $n$  – кількість вибірок сигналу в суміші з шумом  $x_1, x_2, \dots, x_m$ ;  $r_i + 1$  – ранг відліку  $x_i$  у варіаційному ряді, що складається з відліків завадової вибірки  $y$ ;  $h(x_i - y_j)$  – індикатор інверсії;  $R_i$  – ранг відліку  $x_i$  у варіаційному ряді, що складається з  $m$  відліків завадової вибірки  $y_1, y_2, \dots, y_m$  і  $n$  відліків досліджуваної вибірки  $y_1, y_2, \dots, y_n$ .

Виявлення сигналів в прийнятому повідомленні виконується на основі відношення правдоподібності [3]:

$$T(R) = \frac{P(\bar{r}_n, H_1)}{\bar{r}_n, H_0} = \prod_{i=1}^n \frac{P(r_i, H_1)}{P(r_i, H_0)}$$

За правилом послідовного аналізу, розрахована на кожному кроці досліджень повідомлень величина  $T(R)$  порівнюється з верхнім  $A = \frac{P_p}{P_{непр}}$  і нижнім  $B = \left(1 - \frac{P_p}{P_{непр}}\right)$  порогами. При  $T(R) \geq A$  приймається гіпотеза  $H_1$ , а якщо  $T(R) \leq B$ , то  $H_0$ . Якщо  $B < T(R) < A$ , то рішення відкладається до наступного кроку.

Така модель виявлення сигналу на шумовому фоні може бути реалізована при часовому і частотному розділенні повідомлень по каналах. В лазерних системах зв'язку, враховуючи можливість дуже вузьких промінів, для формування опорної вибірки можна використовувати просторові канали (кутове дозволення).

Наприклад для триканального приймача повідомлень відношення правдоподібностей записуються у вигляді:

$$\begin{aligned} T_1(R) &= \left(\frac{2}{m+2}\right)^n \prod_{i=1}^n R_i \frac{H_1}{H_0} T_{нор1}, \\ T_2(R) &= \left(\frac{3}{(m+2)(m+3)}\right)^n \prod_{i=1}^n R_i(R_i+1) \frac{H_1}{H_0} T_{нор2}, \\ T_3(R) &= \left(\frac{4}{(m+2)(m+3)(m+4)}\right)^n \prod_{i=1}^n R_i(R_i+1)(R_i+2) \frac{H_1}{H_0} T_{нор3}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для спрощення технічної реалізації алгоритмів обробки рангів у каналах прологарифмуємо вирази (2). Це дозволить звільнитися від необхідності оперувати з великими величинами  $T_i(R)$  при великій кількості напівпровідникових фотодіодів  $m$  і циклів обробки  $n$ .

Тоді маємо:

$$\begin{aligned} \Lambda_1(R) &= \sum_{i=1}^n \ln(R_i) \frac{H_1}{H_0} \Lambda_{п1}, \quad \Lambda_2(R) = \sum_{i=1}^n [\ln(R_i) + \ln(R_i+1)] \frac{H_1}{H_0} \Lambda_{п2}, \\ \Lambda_3(R) &= \sum_{i=1}^n [\ln(R_i) + \ln(R_i+1) + \ln(R_i+2)] \frac{H_1}{H_0} \Lambda_{п3}, \end{aligned}$$

де значення порогів прийняття рішень по окремих каналах визначаються рівняннями:

$$\begin{aligned} \Lambda_{п1} &= \ln \left[ T_{нор1} \left(\frac{m+2}{2}\right)^n \right], \quad \Lambda_{п2} = \ln \left[ T_{нор2} \left(\frac{(m+2)(m+3)}{3}\right)^n \right], \\ \Lambda_{п3} &= \ln \left[ T_{нор3} \left(\frac{(m+2)(m+3)(m+4)}{4}\right)^n \right]. \end{aligned}$$

Структурна схема запропонованого пристрою розпізнавання оптичного сигналу наведена на рис. 1, де БФР – блок фотодетектування і рангування; БПР – блок прийняття рішення по окремих каналах; БПОР – блок прийняття остаточного рішення.

Аналіз роботи системи передачі даних показав, що, вибираючи відповідні значення  $n$  і  $m$ , можна забезпечити вимагаємий рівень імовірності неправдивого приймання  $P_{непр i}$  в кожному каналі. В той же час критерієм імовірності розпізнавання сигналу є реалізація в БПОР прийняття рішення „хоча б один з каналів”, при якому остаточне рішення обробки повідомлень приймається на користь гіпотези  $H_1$  при наявності такого рішення хоча б в одному з каналів.

В цьому випадку імовірності неправдивого приймання і правильного розпізнавання оптичних сигналів задаються виразами [1]:

$$P_{непр} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{непр i}), \quad P_p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{pi}).$$

Для підвищення ефективності системи передачі інформації в кодеку передавача системи був використаний контролер суматора потоку даних, а кодування даних здійснювалось спеціальною маніпуляцією параметрів кодо-імпульсних сигналів (інтегрально-імпульсний код – ІК), яка



запропонована професором Я.М. Ніколайчуком в лабораторії проблем інформаційних технологій НАН України при ІФНТУНГ. ПК є рекурентно-двійковим кодом з частотною модуляцією і широтною маніпуляцією. Він є різновидністю коду ОШІМ-1. „Одиниця” відображається імпульсом з тривалістю 200 мс, а „нуль” – імпульсом з тривалістю 100 мс. Коду властива ознака синхронного інтегрування, а отже висока точність при передачі й обробці інформації, та можливість самозавантаження системи при відключеннях та збоях. Крім того, використання в коді ПК ознак коду ОШІМ-1 дозволяє зсростити процедуру виділення сигнальної складової в демодуляторі приймача за допомогою фільтра нижніх частот.

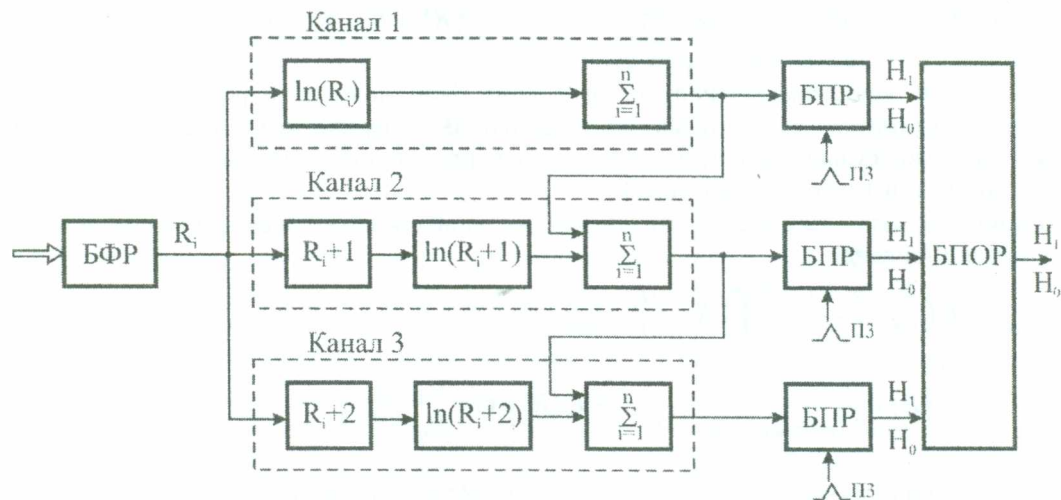


Рис. 1. Структурна схема пристрою розпізнавання бінарних оптичних сигналів

Розраховані значення характеристик пристрою розпізнавання оптичних бінарних сигналів на фоні імпульсних завад, що підпорядковуються розподілу Вейбулла, і на фоні великої кількості малопотужних завад, що описується законом розподілу імовірності Пуассона, показали, що завадостійкість триканального інваріантного оптичного пристрою близька до завадозахищеності оптимального варіанту, а саме адаптивного пристрою при дії нормальної завади. Наприклад для  $P_p = 0,9$  програш щодо сигнал-шум складає близько 1,5 дБ. В той же час структура триканального рангового алгоритму виявлення оптичних сигналів суттєво простіша адаптивного приймача повідомлень.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – Т. 3. – М.: Сов. радио, 1976. – 624 с.
2. Маєвський С.М., Бабак В.П., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі. – К.: Либідь, 1993. – 198 с.
3. Гаєк Я., Шидак З. Теория ранговых критериев. – М.: Наука, 1971. – 235 с.

МАСЛОВ Ігор Вадимович – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Наукові інтереси:

- комп’ютерні мережі, цифрова обробка сигналів.

ЗАМІХОВСЬКИЙ Леонід Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Наукові інтереси:

- надійність і технічна діагностика об’єктів нафтогазового комплексу;
- системи автоматичного керування.

Подано 20.03 2004