

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ЛАЗЕРНИХ ДАЛЕКОМІРІВ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

В доповіді розглядається спосіб визначення значення відстані до об'єкту далекоміром фазового типу на основі статистичного аналізу даних результатів серій вимірювань.

При вимірюванні відстані фазовим далекоміром до контрольованого об'єкту, як відомо наприклад з [1], вимірювана відстань прямо пропорційна значенню фазового зсуву. Для зменшення значення похибки, що виникає при вимірюваннях, класичним є оцінка значення вимірюваної величини виходячи із розрахунку середнього значення масиву отриманому за час спостереження.

В даній доповіді пропонується скористатися статистичними характеристиками закону розподілу масиву значень вимірюваного фазового зсуву $\varphi_x t$ за час спостереження за об'єктом для оцінки значення φ_x . При цьому $\varphi_x t$ є функцією від значень фаз $\varphi_1, \dots, \varphi_n$, які розраховані при застосуванні перетворення Гільберта при обробці дискретних вибірок ехо-сигналу. Розрахунок значень $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ проводився для сигналів з однаковою кількістю вибірок і однакою проміжком часу t_n ($n = 1, 2 \dots N$ – ціле число; N – загальна кількість значень фаз $\varphi_1, \dots, \varphi_n$).

Відповідно до [2] оптимальна оцінка значення φ_x здійснюється шляхом обчислення "центру ваги" функції диференційного закону розподілу. Для побудови функції диференційного закону розподілу відповідно до [3] діапазон масиву $\varphi_x t$ розбіємо на m рівних інтервалів, шириною Δm .

Визначення "центру ваги" здійснюється шляхом порівняння значень квадратів площин "лівої" $S_{\text{лів}}$ та "правої" $S_{\text{прав}}$ частин отриманої функції диференційного закону розподілу. Для визначення "лівої" $S_{\text{лів}}$ та "правої" $S_{\text{прав}}$ скористаємося наступними формулами:

$$S_{\text{лів}}(n) = \left(\sum_{i=1}^{m/2} \Delta m \cdot p_i \right)^2; \quad S_{\text{прав}}(n) = \left(\sum_{i=n/2}^m \Delta m \cdot p_i \right)^2$$

де: i – ціле число; p_i – кількість елементів масиву $\varphi_x t$, що знаходяться в i -му інтервалі шириною Δm .

Методика визначення "центру ваги" полягає в наступному. Якщо обчислені значення лівої" $S_{\text{лів}}(n)$ та "правої" $S_{\text{прав}}(n)$ рівні, то центр симетрії перебуває на лінії, що відповідає значенню φ_x . У випадку, коли $S_{\text{лів}}(n) > S_{\text{прав}}(n)$, обчислюються квадрати площ при $k = 1$, тобто розділених лінією $(m/2 - k)$, де: $k = 1, 2 \dots m$ – ціле число. Якщо при наступному порівнянні виявиться, що $S_{\text{лів}}(n) > S_{\text{прав}}(n)$, то обчислення продовжуються при умові $k = 2$, операція повторюється при збільшенні значення k на одиницю до виконання умови $S_{\text{лів}}(n) \leq S_{\text{прав}}(n)$. В цьому разі дійсне значення частоти φ_x дорівнює:

$$\varphi_x = X_{k'} + \Delta m \cdot \beta, \quad (1)$$

де: $0 \leq \beta \leq 1$ – похибка визначення φ_x ; k' – максимальне значення k .

Прийнявши в точці екстремуму лінійну модель залежності площ від значення β , можна записати:

$$S_{\text{лів}}(\beta) = S_{\text{лів}}(n-k'-1) + \beta [S_{\text{прав}}(n-k'-1) - S_{\text{лів}}(n-k'-1)], \quad (2)$$

$$S_{\text{прав}}(\beta) = S_{\text{прав}}(n-k'-1) - \beta [S_{\text{лів}}(n-k') - S_{\text{прав}}(n-k')], \quad (3)$$

Використовуючи (2) і (3), знаходимо значення β з умови рівності площ $P_{\text{лів}}(\beta) = P_{\text{прав}}(\beta)$:

$$\beta = \frac{S_{\text{прав}}(n-1) - S_{\text{лів}}(n-1)}{S_{\text{прав}}(n-1) - S_{\text{лів}}(n-1) + S_{\text{лів}}(n) - S_{\text{прав}}(n)}, \quad (4)$$

Визначивши значення β відповідно до (4) після його підстановки в (1) знаходимо значення φ_x . Аналогічним образом можна визначити φ_x у випадку, коли $S_{\text{лів}}(n) < S_{\text{прав}}(n)$, але в цьому випадку k зменшується на одиницю до виконання умови $S_{\text{лів}}(n) \geq S_{\text{прав}}(n)$.

В результаті електронного моделювання в стандартному математичному програмному пакеті встановлено, що похибка оцінки φ_x при використанні запропонованої методики не перевищує 0,25%. Таким чином, проведений застосування запропонованого методу дозволяють підвищити метрологічні характеристики розглянутого класу лазерних далекомірів.

Література

1. Зайцев Е.А. Анализ погрешности дискретизации лазерных дальнометров на основе дискретного преобразования Гильберта // Технічна електродинаміка. – 2015. - №4. – с. 89 – 94.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: [учеб. для ВУЗов] /И.С. Гоноровский – М.: Сов. радио, 1977. – 608 с.
3. Лившиц Н.А. Вероятностный анализ систем автоматического управления. / Н.А. Лившиц, В.С. Пугачев – М.: Советское радио, 1963. – Т. 1 – 895 с.