

в декартової системи координат вносить помилки вимірювання азимута $v_{\theta}(k)$. Відповідно СКМ помилки σ_x досягає максимального значення в області кутів $\theta = [90^{\circ}, 270^{\circ}]$, а СКМ помилки σ_y - в області кутів $\theta = [0^{\circ}, 180^{\circ}]$. З збільшенням відстані до цільового СКМ помилок визначення координат цільового σ_x, σ_y збільшуються. При цьому характер їх змін при розглянутому положенні прийомної і передаючої підсистем зберігається тим же. Як випливає з рис.2г, існує значуща кореляція між помилками вимірювання в декартової системи координат. Мінімальні значення кореляції помилок досягаються в області кутів $\theta = [0^{\circ}, 90^{\circ}, 180^{\circ}, 270^{\circ}]$. Це обумовлено тим, що основний внесок в помилки вимірювання по осях декартової системи координат вносять різні помилки $v_{\theta}(k), \Delta_{II}(k)$, які є незалежними.

Помилки визначення координат цільового в декартової системі координат нестационарні і є функціями її сферических координат. З збільшенням відстані до цільового СКМ помилок визначення координат цільового збільшуються, при цьому основний внесок вносять помилки вимірювання кутових координат. Існує значуща кореляція між помилками вимірювання в декартової системі координат, що слід врахувати при розробці алгоритмів вторинної обробки радіолокаційної інформації.

Література

1. Кондратьев В. С., Котов А. Ф., Марков Л. Н. Многопозиционные радиотехнические системы. М.: Радио и связь, 1986. -397 с.
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. -624 с.

Ключові слова: радіолокація, точність радіолокації,	
Доценко Д.І., Жук С.Я.	Dotcenko D.I., Zuk S.J.
Точнісні характеристики двохпозиційної радіолокаційної системи в декартовій системі координат	Precision characteristics of two-position radar station in Cartesian coordinate system
Отримані аналітичні залежності дисперсій взаємних кореляцій помилок вимірювань двохпозиційної радіолокаційної системи у декартовій системі координат; для прикладу виконано їх розрахунок і аналіз.	Two-position radar station is examined. Analytic expressions for dispersion and inter-correlation of measurement errors in Cartesian coordinate system are obtained. For example error estimation and analysis were performed.

УДК 621.391:621.387

ІДЕНТИФІКАЦІЯ α -ЧАСТИНОК ТА γ -КВАНТІВ ЗА ФОРМОЮ ІМПУЛЬСІВ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО СПАЛАХУ

Корнага В.І., Головін В.А.

Розглянуто методи виявлення та розрізнення сцинтиляційних спалахів α -частинок та γ -квантів за формою імпульсів в експериментальних дослідженнях структури ядер та механізмів ядерних реакцій.

В експерименті з дослідження структури ядер і механізмів ядерних реакцій необхідно не тільки вимірювати енергію частинок, але і ідентифікувати

ти їх. Для дослідження імпульсних сигналів від сцинтиляційного спалаху використовуються цифрові методи обробки. Імпульсні сигнали які генеруються сцинтиляційним кристалом енергетично слабкі, зашумлені. В процесі підсилення аналогових сигналів фотоелектронним помножувачем рівень шуму збільшується. Обробка сигналу складається з двох етапів. Виділення сигналу з шуму та ідентифікація форми сигналів

Теоретичні викладки

Для виділення сигналу з шуму та ідентифікації форми використовуємо методи оптимальної фільтрації. Щоб застосувати той чи інший метод обробки потрібно мати апріорну інформацію про форми сигналів α -частинок та γ -квантів. Реперна форма сигналів визначається опроміненням сцинтиляційного кристала відомими джерелами і усередненням отриманих імпульсів. Якщо відома форма вхідного імпульсу, то процедура виявлення сигналу зводиться до обчислення відношення правдоподібності і порівняння з відповідним пороговим значенням. При гіпотезі що на вхід прийшов сигнал з шумом його кореляція буде в середньому більша ніж кореляція з шумом. Ця обставина і використовується при виявленні. Пороговий рівень залежить від вибору критерію виявлення.

Для розрізнення двох різних, але близьких за формою сигналів, достатньо обчислити єдину кореляцію з різницеvim сигналом, а рівень та знак коефіцієнта кореляції визначає ймовірність сигналу $s_1(t)$ або $s_2(t)$:

$$z = \int_0^T y(t)s_2(t)dt - \int_0^T y(t)s_1(t)dt = \int_0^T y(t)s(t)dt \underset{H_2}{\overset{H_1}{\gtrless}} 0, \text{ де } s(t) = s_2(t) - s_1(t), y(t) - \text{вхідний}$$
 сигнал, H_1, H_2 - гіпотези. Нормоване значення взаємної кореляції двох цифрових сигналів $x_1(n)$ та $x_2(n)$ які містять по N відліків визначаємо як

$$r_{12} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n) \quad (1)$$

Для нормування амплітуди імпульсів, (1) ділять на коефіцієнт

$$\frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{n=0}^{N-1} x_1^2(n) \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_2^2(n) \right)^{1/2} \quad (2)$$

Використовуючи (1), (2) отримаємо
$$r_{12} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n)}{\frac{1}{N} \left(\sum_{n=0}^{N-1} x_1^2(n) \sum_{n=0}^{N-1} x_2^2(n) \right)^{1/2}}.$$

При ідентифікації близьких за формою сигналів методами оптимальної фільтрації [2], для кожного сигналу обчислюється параметр форми:

$$SI = \frac{\sum f(t_k) \cdot P(t)}{\sum f(t_k)}, \text{ де } f(t_k) - \text{оцифрована амплітуда імпульсу (в момент часу}$$

$$t_k); P(t) - \text{вагова функція} - P(t) = \frac{f_\alpha(t) - f_\gamma(t)}{f_\alpha(t) + f_\gamma(t)}, f_\alpha(t) \text{ і } f_\gamma(t) - \text{реперні форми}$$

імпульсів для α частинок та γ -квантів. Таким чином, міра якості $FOM = \frac{|SI_\alpha - SI_\gamma|}{\sqrt{\delta_\alpha^2 + \delta_\gamma^2}}$, де δ_α і δ_γ відповідні стандартні відхилення

Отримані результати

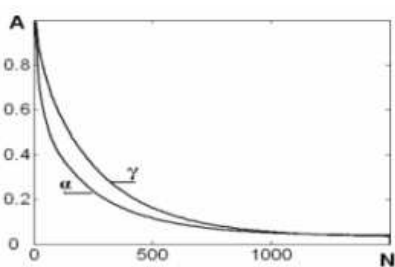


Рис.1

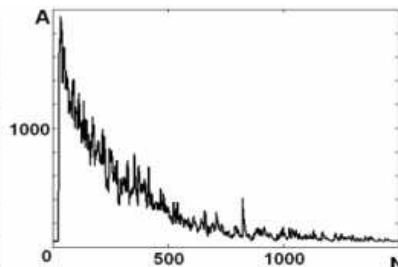


Рис.2

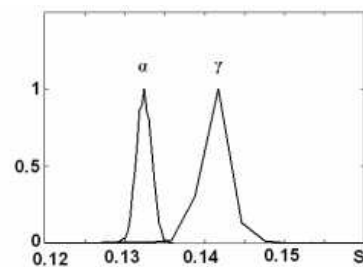


Рис. 3

Виділення імпульсів виконувалося за критеріями перевищення порогового рівня амплітудою та енергією сигналу. Реперні форми сигналів отримані опромінюванням сцинтиляційного кристала відомими джерелами і усередненням отриманих імпульсів. Було усереднено 4000 імпульсів по альфа і гамма частинках з кількістю відліків на імпульс $N=1500$. Форму вхідного сигналу з амплітудою A показано на рис.1, а реперних сигналів на рис.2, розподіл індикатора форми для γ -квантів та α -частинок - на рис.3. Результати ідентифікації форми імпульсів наведені в табл.

Таблиця

Алгоритм	Розділення по α , %	Розділення по γ , %
Взаємної кореляції (2)	99,12	95,77
Коефіцієнт взаємної кореляції (4)	99,68	99,52
Метод оптимального фільтра (5)	99,99	99,1

Запропоновані алгоритми дають можливість ідентифікувати γ -кванти та α -частинки за формою імпульсів сцинтиляційного спалаху. Алгоритми мають різні обчислювальні затрати, що дає можливість вибору алгоритму для обробки сигналів в реальному часу в залежності від швидкодії апаратних пристроїв.

Література

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. Пер. с англ. - М.: «Вильямс», 2004
2. Gatti E., Martini D.E. Nuclear Electronics. (IAEA, 1962) 265 FAD

Ключові слова: сцинтиляція, ідентифікація форми імпульсу, оптимальний фільтр	
Корнага В.И., Головин В.А.	Kornaga V.I., Golovin V.A.
Идентификация α- частиц и γ- квантов по форме импульсов сцинтиляционных всплесков	Identification alpha and gamma quantum at the pulse shape of the scintillates splash
Рассмотрены методы разделения сцинтиляционных всплесков α - частиц и γ - квантов по форме импульсов в исследованиях структуры ядер и механизмов ядерных реакций.	The methods of different scintillates splash alpha and gamma quantum at the pulse shape have been considered in experiment researches of the core's structure and mechanisms of the nuclear reaction.