

АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ БЕЗПОШУКОВОГО ЦИФРОВОГО МЕТОДУ КОРЕЛЯЦІЙНО-ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНОГО ПЕЛЕНГУВАННЯ З РЕКОНСТРУЮВАННЯМ ПРОСТОРОВОГО АНАЛІТИЧНОГО СИГНАЛУ

На сьогодні радіопеленгування радіоелектронних засобів здійснюється в умовах складної електромагнітної обстановки, великої апріорної невизначеності щодо параметрів радіовипромінювань, а також в умовах забезпечення реального масштабу часу. Перспективним напрямком здійснення радіопеленгування для вказаних умов є використання безошуккових цифрових кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів. Основною вимогою до сучасних засобів радіопеленгування є забезпечення їх високої завадостійкості та завадозахищеності. Тому розробка та дослідження безошуккових цифрових кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів та дослідження їх завадостійкості є актуальною задачею.

Проведено дослідження завадостійкості безошуккового цифрового методу кореляційно-інтерферометричного пеленгування з реконструюванням просторового аналітичного сигналу. Отримані оцінки дисперсії похибки пеленгування аналітично та шляхом програмного моделювання практично співпали. Показано, що основними регульованими чинниками, що впливають на дисперсію похибки пеленгування є кількість пеленгаційних каналів, величина рознесення між вибраними елементами антенної решітки, вид вагових функцій при часовому та просторовому спектральному аналізі, а також тривалість аналізу випромінювання джерела, що пеленгується.

Визначена аналітична оцінка дисперсії σ_{θ}^2 похибки пеленгування має наступний вигляд:

$$\sigma_{\theta}^2 = \frac{K_{Wt} \cdot K_{W\theta} \cdot m_S \cdot (c/d)^2}{\mu_{ВХ} \cdot \Delta f_k \cdot Z \cdot W_{\theta}(z_1) \cdot W_{\theta}(z_2) \cdot \omega_0^2 \cdot T_a \cdot (z_2 - z_1)^2 \cdot \cos^2 \theta}, \quad (1)$$

де K_{Wt} – коефіцієнт шумової смуги вагової функції вікна часового спектрального аналізу;

$K_{W\theta}$ – коефіцієнт шумової смуги вагової функції $W_{\theta}(z)$ цифрового просторового спектрального аналізу;

m_S – об'єм сигнальної групи;

c – швидкість поширення електромагнітного випромінювання у вільному просторі;

d – крок лінійної АР;

$\mu_{ВХ}$ – вхідне відношення сигнал/шум;

Δf_k – смуга частот аналізу пеленгаційного радіоканалу;

Z – кількість пеленгаційних каналів;

$W_{\theta}(z)$ – вагова функція цифрового просторового спектрального аналізу;

ω_0 – частота несучої випромінювання джерела, що пеленгується;

T_a – тривалість процесу аналізу випромінювання, що пеленгується;

z_1, z_2 – номери вибраних елементів антенної решітки, в яких визначають аргументи комплексного аналітичного сигналу з метою оцінки його частоти;

θ – напрямок на джерело радіовипромінювання.

Аналіз рівняння (1) показує, що дисперсія похибки пеленгування σ_{θ}^2 суттєво залежить від процедури реконструювання комплексного аналітичного сигналу. Для її зменшення доцільно збільшувати рознесення $(z_2 - z_1)$ між вибраними елементами АР при визначенні різниці аргументів комплексного аналітичного сигналу, при цьому максимально можливе значення рознесення $(z_2 - z_1)$ може сягати величини апертури АР, тобто $(z_2 - z_1) \leq Z$. Також необхідно враховувати, що одночасно із збільшенням рознесення $(z_2 - z_1)$ зменшується значення добутку $W_{\theta}(z_1) \cdot W_{\theta}(z_2)$, що приводить до збільшення дисперсії σ_{θ}^2 . В свою чергу зауважимо, що величина рознесення $(z_2 - z_1)$ у виразі (1) враховується в другій степені, а коефіцієнти $W_{\theta}(z_1)$ та $W_{\theta}(z_2)$ в першій степені, при цьому функція $W_{\theta}(z)$ є монотонною функцією з невеликою крутизною в великих межах апертури АР, що забезпечує можливість змінювати рознесення $(z_2 - z_1)$ в широких межах і суттєво зменшити похибку

пеленгування. В подальшому вибір номерів z_1 та z_2 для оцінки різниці аргументів аналітичного сигналу між цими елементами АР потребує оптимізації.

Отримано сімейство залежностей середнього квадратичного відхилення (СКВ) оцінки пеленга від відношення сигнал/шум $\mu_{\text{ВХ}}$ на вході пеленгаційних радіоканалів при різних типах вагової функції $W_\theta(z)$ просторового спектрального аналізу, рис. 1. Кількість дослідів для оцінки одного відліку – 50. Об'єм сигнальної групи для реконструювання просторового аналітичного сигналу використано однаковий, а саме $m_S = 6$.

Також отримано аналітичну оцінку СКВ оцінки пеленга від відношення сигнал/шум $\mu_{\text{ВХ}}$ згідно рівняння (1) для вагової функції $W_\theta(z)$ просторового спектрального аналізу Хеммінга, для якого $K_W = 1,37$, $W_\theta(21) = W_\theta(43) = 0,756$, (рис. 1, ряд 4).

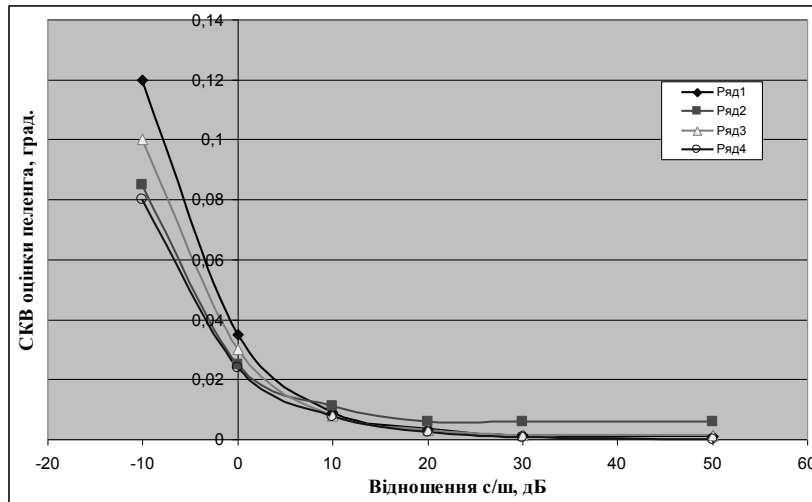


Рис. 1. Залежність СКВ оцінки пеленга від відношення сигнал/шум $\mu_{\text{ВХ}}$

На рис. 1 показано: ряд1 – для $W_\theta(z)$ Блекмана 3 порядку з рівнем бічних пелюсток -58дБ; ряд2 – для $W_\theta(z)$ Блекмана-Наталла 4 порядку з рівнем бічних пелюсток -98дБ; ряд3 – для $W_\theta(z)$ Хеммінга з рівнем бічних пелюсток -43дБ; ряд4 – теоретична залежність для $W_\theta(z)$ Хеммінга, розрахована згідно рівняння (1).

Аналіз рис. 1 показує, що тип вагової функції $W_\theta(z)$ суттєво впливає на точність пеленгування. Для забезпечення максимальної завадостійкості та завадозахищеності пеленгування доцільним є застосування вагової функції Блекмана-Наталла 4 порядку з рівнем бічних пелюсток -98дБ, ряд 2, що при використанні скороченої сигнальної групи $m_S = 6$ забезпечує найвищу точність пеленгування при відношенні сигнал/шум менше 5дБ. При відношенні сигнал/шум більше 5дБ СКВ оцінки пеленгу для функції $W_\theta(z)$ Блекмана-Наталла 4 порядку більша, ніж для інших функцій за рахунок методичної складової похибки в результаті скорочення сигнальної групи з $m_S = 8$ до $m_S = 6$ для зменшення еквівалентної шумової смуги. Розрахована теоретична залежність середньоквадратичного відхилення оцінки пеленга від відношення сигнал/шум для вагової функції Хеммінга практично співпала із залежністю, отриманою в результаті моделювання, що підтверджує ефективність отриманої оцінки дисперсії похибки пеленгування.

ЦИПОРЕНКО Віталій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри радіотехніки, радіоелектронних апаратів та телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси: безошукові цифрові методи спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування.

Тел.: 0966806192. E-mail: tsiporenko.1985@mail.ru