

УДК 621.396.96

Є.С. Ленков, інженер, Держ. підприємство
“Укрінмаш”, м. Київ

ВПЛИВ ДИСПЕРСІЇ ГРАНИЧНОГО РІВНЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЯВЛЕННЯ В СИСТЕМАХ ПАСИВНОЇ ПЕЛЕНГАЦІЇ ДЖЕРЕЛ КВАЗІНЕПЕРЕРВНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Є.С. Ленков. Вплив дисперсії граничного рівня на характеристики виявлення в системах пасивної пеленгації джерел квазінеперервних випромінювань. Наведено аналітичну оцінку умовних імовірностей правильного виявлення й хибних тривог у пеленгаційних системах з автоматичним формуванням граничного рівня за результатами оцінки інтенсивності шуму й зовнішніх перешкод за визначений інтервал часу.

Е.С. Ленков. Влияние дисперсии граничного уровня на характеристики выявления в системах пассивной пеленгации источников квазинепрерывных излучений. Проводится аналитическая оценка условных вероятностей правильного обнаружения и ложных тревог в пеленгационных системах с автоматическим формированием порогового уровня по результатам оценки интенсивности шума и внешних помех за определённый интервал времени.

E.S. Lenkov. Influence of the threshold level dispersion on characteristics of revelation of sources of quasi-continuous radiations in systems of passive direction-finding. The analytical estimation of conditional probabilities of correct detection and false alarms in direction finding systems with automatic formation of threshold level by the results of estimating the intensity of noise and external hindrances for a certain time period is made.

У радіолокаційних системах (РЛС) пасивної пеленгації (ПП), а також пеленгаційних каналах (ПК) виявлення при наявності в зоні кількох джерел випромінювань із шумоподібними сигналами необхідно автоматично формувати поріг виявлення додатковим каналом оцінки сумарної інтенсивності зовнішніх перешкод, що діють в області бічного прийому й внутрішнього шуму приймача.

Природна обмеженість інтервалу часу при оцінці дисперсії перешкод і шуму робить пороговий рівень непостійним, випадковим від реалізації до реалізації.

Диспергуючий характер порогового рівня призводить до зміни основних показників якості виявлення джерела, що пеленгується в цей момент.

У пеленгаційних каналах РЛС для усунення хибних пеленгів з причини приймання по бічних пелюстках (БП) вводиться додаткова антена з діаграмою направленості (ДН), що максимально наближається до рівня випадкових БП основної антени. У каналі із цією додатковою антеною (каналі усунення хибних пеленгів) проводиться безперервна оцінка інтенсивності нестационарних перешкод. Результат цієї оцінки і являє собою поріг виявлення, який є випадковим процесом з дисперсією, що залежить від параметрів усереднюючого фільтра.

Передбачається, що інтенсивність перешкод будь-якого джерела практично не змінюється за час інтегрування у фільтрі, і цими змінами можна знехтувати. Крім того, вважається, що флюктуації порога статистично незалежні від сигналу й перешкод, що діють в основному каналі за час прийняття рішення.

Оскільки вирішується завдання про вплив випадкового характеру порога, можна обмежитися розглядом вхідного процесу у вигляді суми сигналу x і шуму n , тому що повний опис зовнішньої перешкодової обстановки принципово необов'язковий.

При постійному порозі E_n умовні ймовірності хибної тривоги й вірного виявлення визначаються виразами [1]

$$F = P(n > E_n) = \int_{E_n}^{\infty} W_n(u) du, \quad (1)$$

$$D = P(x > E_n) = \int_{E_n}^{\infty} W_x(u) du, \quad (2)$$

де F — умовна ймовірність хибної тривоги;
 D — умовна ймовірність вірного виявлення;
 E_n — значення постійного порога;
 n — аргумент функції постійного порога;
 x — аргумент функції поточного порога;
 W_n, W_x — щільності розподілу відповідних сигналів.

При випадковому порозі η умовна ймовірність хибних тривог визначається відповідно до умов

$$F = P\{n > \eta\} \text{ або } F = P\{n - \eta > 0\}, \quad (3)$$

де η — аргумент функції випадкового порога.

Щільність розподілу різниці випадкових величин при їх незалежності визначається інтегралом згортки

$$W_{n-\eta}(z) = \int_{-\infty}^{\infty} W_n(u) W_{\eta}(u-z) du, \quad (4)$$

де $W_{n-\eta}(z)$ — щільність розподілу різниці випадкових величин при їх незалежності;

$\int_{-\infty}^{\infty} W_n(u)$ — щільність розподілу функцій випадкового порога.

При підстановці в (1) з урахуванням (3) маємо

$$F = \int_0^{\infty} W_{n-\eta}(z) dz = \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_n(u) W_{\eta}(u-z) du. \quad (5)$$

Для розв'язання в замкненому вигляді треба зробити дві заміни змінних. Перша заміна: $u - z = v$; $du = dv$. При цьому вираз (5) можна звести до вигляду

$$F = \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_n(v+z) W_{\eta}(v) dv = \int_{-\infty}^{\infty} W_{\eta}(v) \left[\int_0^{\infty} W_n(v+z) dz \right] dv. \quad (6)$$

Друга заміна: $v + z = n$; $dz = dn$, тоді

$$F = \int_{-\infty}^{\infty} W_{\eta}(v) dv \left[\int_v^{\infty} W_n(n) dn \right] = \int_{-\infty}^{\infty} F(v) W_{\eta}(v) dv. \quad (7)$$

З аналізу отриманого виразу (7) випливає висновок: імовірність хибної тривоги при випадковому пороговому рівні визначається усередненням умовної ймовірності хибної тривоги при постійному порозі, що відповідає виразу (1), за простором можливих значень диспергуючого порога

$$F = M\{F(\eta)\} = \int_{-\infty}^{\infty} F(v) W_{\eta}(v) dv. \quad (8)$$

Сформульований висновок повністю стосується й розрахунків умовної ймовірності вірного виявлення D , для обчислення якої використовується вираз, аналогічний (8).

Отримані розв'язки дозволяють зробити теоретичні висновки. Для одержання розрахункових формул необхідно мати апіорну інформацію про закон розподілу випадкового порога

$W_{\eta}(v)$ і обчислювати інтеграл вигляду (8). Це викликає певні складнощі, тому пропонується використовувати наближені формули вигляду

$$F \cong F(E_{cp}) + \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} [F(\eta)]_{\eta=E_{cp} \frac{\sigma_{\eta}^2}{2}}, \quad (9)$$

$$D \cong D(E_{cp}) + \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} [D(\eta)]_{\eta=E_{cp} \frac{\sigma_{\eta}^2}{2}}, \quad (10)$$

де E_{cp} — середнє значення порогового рівня;

σ_{η}^2 — дисперсія порога.

Для використання отриманих розрахункових виразів показників якості виявлення при диспергуючому порозі прийняття рішення потрібно визначити параметри E_{cp} і σ_{η}^2 і значення заданих стандартних умовних ймовірностей.

Середнє значення порога знаходимо, виходячи із заданої ймовірності хибних тривог, відомим виразом [1]

$$E_{cp} = \sqrt{2} \sigma_{ш} \sqrt{-\ln F}, \quad (11)$$

де $\sigma_{ш}$ — ефективне значення напруги шумів.

Дисперсія порога залежить від часу усереднення процесу у фільтрі й ширини спектра сигналу, що пеленгується, на виході підсилювача проміжної частоти (ППЧ). ППЧ визначає час кореляції випадкового процесу на вході фільтра усереднення. Процес флуктуацій порога η , відповідає виразу

$$\eta_T = \frac{1}{T} \int_0^T \xi^2(t) dt. \quad (12)$$

При цьому обчислення дисперсії від (12) приводить до виразу

$$\sigma_{\eta}^2 = \frac{\sigma_{\xi}^4}{(2\beta)^2} (4\beta - 1 + e^{-4\beta}), \quad (13)$$

де $\beta = \Pi T$;

Π — ширина смуги частот;

T — час усереднення.

На практиці прийнято використовувати наближений вираз

$$\sigma_{\eta}^2 \cong \frac{P_E^2}{\pi \Pi T}. \quad (14)$$

Таким чином, як показують приклади розрахунків показників якості виявлення, при порозі, який флюктується, ймовірність хибної тривоги завжди зростає, а ймовірність вірного виявлення залежно від параметрів сигналу й системи пеленгації може зростати або зменшуватися.

Література

1. Ширман, Я.Д. Теоретические основы радиолокации / Я.Д. Ширман. — М.: Сов. радио, 1970 — 560 с.
2. Бендат, Д.Ж. Измерение и анализ случайных процессов / Д.Ж. Бендат, А.К. Пирсол. — М.: Мир, 1974. — 256 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Мокрицький В.А.

Надійшла до редакції 7 квітня 2011 р.