

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РОБОТИ ІМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРІВСЬКОГО РАДАРУ В ЗАВАДОВІЙ ОБСТАНОВЦІ

Реутська Ю. Ю., аспірант

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

Особлива потреба в імітаційному моделюванні радіолокаційного сигналу та його цифрової обробки для вирішення радіолокаційних задач виникає у разі оцінки роботи радіолокаційної станції (РЛС) в завадovій обстановці, коли на її вхід, крім сигналів, що відбиті від цілей, надходять сигнали від адитивних флуктуаційних та пасивних завад.

Моделювання радіолокаційного сигналу включало в себе наступні етапи аналізу та програмування:

1. За характеристиками виявлення, що надані в [1] з обраними ймовірністю правильного виявлення $D = 0,9$ у разі фіксованого рівня ймовірності помилкової тривоги $F = 10^{-6}$ для моделі було отримане приблизне порогове відношення сигнал/шум на вході детектору $q_{\text{пор}} = 6$ раз або $q_{\text{пор}} = 7,78$ дБ.

2. Було проаналізовано залежності порогової потужності $P_{\text{пор}}$ від числа імпульсів в пачці n з довжиною імпульсу τ_i за формулою з [1] $P_{\text{пор}} = (q_{\text{пор}} N_0) / (n \tau_i)$, де $N_0 = k_{\text{ш}} k T_0$ — спектральна щільність шуму. Для тестової реалізації моделювання було обрано $n = 25$, $\tau_i = 10^{-6}$ с з відповідною пороговою потужністю $P_{\text{пор}} = 1,92 \cdot 10^{-15}$ Вт.

3. Вважаючи радіолокатор працюючим в імпульсному режимі на частоті $f_0 = 10$ ГГц та маючим одну й ту саму антену для випромінювання і для прийому сигналів, знайдено максимальну дальність дії за формулою, представленою в [1], а саме $R_{\text{max}} = \sqrt[4]{(P_{\text{прд}} G_a^2 \eta^2 \lambda^2 \bar{S}_0) / ((4\pi)^3 P_{\text{пор}})}$. Для отримання R_{max} було проаналізовано параметри діючих РЛС та узято: величину середньої імпульсної потужності передавача $P_{\text{прд}} = 5000$ Вт, коефіцієнт підсилення антени $G_a = 30$ дБ (1000 раз), коефіцієнта корисної дії антено-фідерного тракту $\eta = 80\%$, середню величину ефективної площі розсіювання $\bar{S}_0 = 1$ м² з відповідним отриманим значенням $R_{\text{max}} = 29486$ м. Для малих дальностей ($\tau_i \leq 1$ мкс) можна вважати, що час відновлення системи $\tau_b \approx \tau_i$, тоді мінімальна дальність дії РЛС $R_{\text{min}} \geq c(\tau_i + \tau_b) / 2$, тобто $R_{\text{min}} \geq 3 \cdot 10^8 \cdot \tau_i$. Для тестової реалізації $R_{\text{min}} = 300$ м.

4. В [2] наведено, в імпульсно-доплерівських РЛС частота повторення імпульсів F_{Π} обирається з умови однозначного виміру швидкості та відсутності зон «сліпих швидкостей» в заданих межах $F_{\Pi} \geq 2V_{R_{\max}} / \lambda$. Було проаналізовано величини F_{Π} , узявши максимальну дальність для конкретних цілей з їх швидкістю та обрано середню $F_{\Pi} = 40 \text{ кГц}$ з відповідною максимальною швидкістю цілі $V_{R_{\max}} = 600 = \pm 300 \text{ м/с}$.

5. У якості тестового зондувального сигналу, як найбільш простого з різновидів складних когерентних сигналів для отримання високої розрізнявальної здатності за дальністю та за швидкістю було обрано сигнал з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ). Частота дискретизації сигналу була обрана відповідно вимозі до відліків: $f_s \geq 2W$, де W — максимальна частота, якою обмежений спектр реального сигналу (для тестового прикладу з $W = 40 \cdot 10^6 \text{ Гц}$, $f_s = 80 \cdot 10^6 \text{ Гц}$).

6. Для ініціалізації параметрів цілей у відповідній функції програми було обрано три цілі зі швидкостями -180 м/с , 270 м/с та 180 м/с , що менші за максимальну швидкість цілі, та відстанями 2000 м , 3000 , 10000 м , що менші за R_{\max} . Відношення сигнал/шум на вході приймача для кожної цілі 1 дБ , 0 дБ та -7 дБ .

7. Було розраховано та сформовано двовимірну матрицю відліків сигналу з розрахунку вікна радару, що складається з елементів швидкого та повільного часу (дальність та кількість імпульсів відповідно) та має розмір [кількість відліків швидкого часу на кількість відліків повільного часу].

8. Для формування сигналу, що відбивається від цілей, використовується два цикли: зовнішній — за кількістю цілей та внутрішній — за кількістю імпульсів. Було синтезовано два варіанти алгоритмів знаходження конкретних відліків (індексів) на осі швидкого часу, що відповідають знаходженню поточної цілі для кожного поточного імпульсу. Сигнал, що відбився від цілей, не враховуючи шум та завади представлений на рис. 1 а.

9. Для спрощення рішення задач синтезу та аналізу РТС в якості моделі адитивної флуктуаційної завади в даній моделі використовується адитивний білий гаусовський шум.

10. Для моделювання пасивної завади доцільно скористатися статистичним підходом, поєднанням функції щільності ймовірності для опису діапазону завади у вигляді флуктуацій за амплітудою (властивості поверхні) у відбитого від поверхні сигналу, що в даному прикладі модулюється за логнормальним розподілом та спектральної щільності потужності завади для опису відбиваючої здатності поверхні, яка в даному прикладі модулюється Гаусовською функцією. Сигнал завади моделюється з урахуванням відношення завади/шум та затухання.

Результат моделювання радіолокаційного сигналу, що відбивається від цілей та завад, представлений на рис. 1 б.

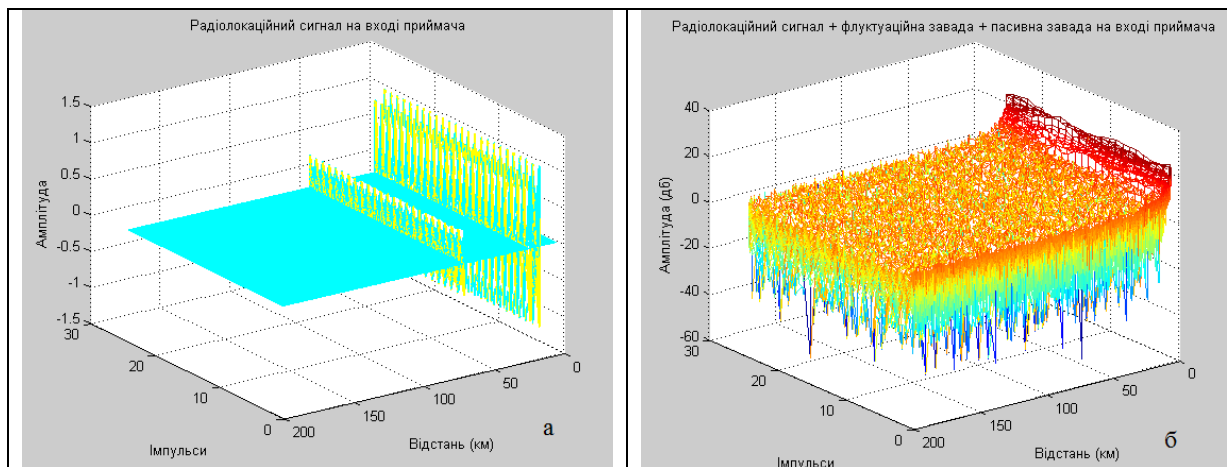


Рисунок 1. Радіолокаційний сигнал: а — без завад, б — з завадами

Література

1. Бакулєв П. А. Радіолокаційні системи. Учебник для вузів. — М. : Радиотехніка, 2004. — 320 с.: ил. — ISBN 5-93108-027-9.
2. Радиотехнічні системи: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / [Ю. М. Казаринов и др.]; под ред. Ю. М. Казаринова. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 592 с. — ISBN 978-5-7695-3767-7.

Анотація

Представлені етапи моделювання радіолокаційного сигналу на основі аналізу роботи імпульсно-доплерівського радару. Розглянуто особливості моделювання, коли разом з сигналами, що відбиті від цілей, надходять сигнали від адитивних флуктуаційних та пасивних завад.

Ключові слова: моделювання, радіолокаційний сигнал, РЛС, пасивна завада.

Аннотация

Представлено этапы моделирования радиолокационного сигнала на основе анализа работы импульсно-доплеровского радара. Рассмотрены особенности моделирования, когда вместе с сигналами, отраженными от целей, поступают сигналы от аддитивных флуктуационных и пассивных помех.

Ключевые слова: моделирование, радиолокационный сигнал, РЛС, пассивная помеха.

Abstract

Stages of the radar signal simulation based on the analysis of pulse-Doppler radar are presented. Features of simulation when signals of additive fluctuation noise and clutter together with the echo target signals arrive are considered.

Keywords: simulation, radar signal, radar, clutter.