

ЗОНДУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ РОЗСІЮВАЧІВ З «ЕЛЕКТРИЧНО МАЛИМИ» АНТЕНАМИ

*Нільський Б. О., магістрант, Зінченко М. В., к.т.н.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Нелінійна радіолокація використовується у багатьох сферах людської діяльності: технічний захист інформації, технології військового призначення, неруйнівний контроль якості виробів тощо. За її допомоги здійснюється виявлення закладних радіоелектронних пристроїв (ЗП), до складу котрих входять напівпровідникові прилади. Функціонування нелінійних радіолокаторів (НР) пов'язане з ефектом перевипромінювання нелінійними розсіювачами (НРс) під час зондування нових спектральних складових – гармонік частоти зондуючого сигналу (ЗС) [1].

Оскільки потужність випромінювання ЗС НР відповідно до існуючих норм має обмеження, то подальший якісний розвиток технології нелінійної радіолокації безпосередньо пов'язаний з технологіями максимізації «нав'язування» енергії зондуючого сигналу нелінійним розсіювачам. Причому необхідно враховувати, що рівні прийнятих на гармоніках сигналів залежать, крім властивостей розсіювача, від форм діаграм вторинного розсіювання НРс, які на різних частотах можуть відрізнятися між собою. Також можлива істотна різниця виду залежностей амплітуд нелінійних продуктів з частотами $2f_{ЗС}$ і $3f_{ЗС}$ від амплітуди ЗС на частоті $f_{ЗС}$, що пояснюється спотворенням вольт-амперних характеристик (ВАХ) напівпровідникових приладів у складі НРс [2, 3].

Закладний пристрій як НРс має струмопровідні елементи – «випадкові» антени, у навантаженні котрих можуть знаходитися напівпровідникові прилади. На практиці майже всі «випадкові» антени з нелінійним навантаженням є «електрично малими», тобто їх розміри набагато менше довжини хвилі ЗС НР.

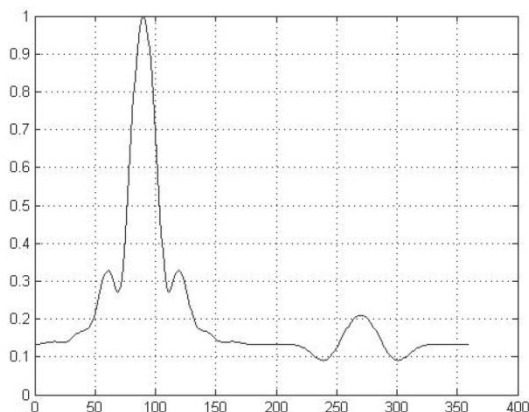


Рисунок 1. – Діаграма розсіювання НРс

На рис. 1. показана діаграма розсіювання симетричним вібратором з нелінійним навантаженням на частоті ЗС, довжина пліч якого на порядок, а радіус на два порядки, менші довжини падаючої хвилі. З чого видно, що навіть «електрично малі» антенні структури мають просторову вибірковість. Останнє є вагомим чинником при «нав'язуванні» енергії ЗС цим об'єктам.

Залежність поглиненої НРс ене-

ргії діючого імпульсного НВЧ сигналу $J_{3C}(x)$ від довжини «електрично малої» антени x є:

$$J_{3C}(x) = \int D(E) \cdot \varphi(E) \cdot \exp(-\mu(E) \cdot x) dE, \quad (1)$$

де $D(E)$ – функція спектрального перетворення НРс; $\varphi(E)$ – спектр імпульсного ЗС НР; $\mu(E)$ – коефіцієнт послаблення сигналу «електрично малою» антенною.

Рівняння (1) є рівнянням Фредгольма першого роду відносно функції $\varphi(E)$, яке належить до некоректно поставлених задач, коли незначні флуктуації величини $J_{3C}(x)$ можуть викликати істотні зміни $\varphi(E)$.

Таким чином, максимально ефективно поглинається енергія діючого поля «випадковими електрично малими» антенами НРс для тих спектральних складових зондуючого сигналу, довжини хвиль яких порівнянні з довжинами «випадкових» антен.

При використанні як мінімум двох різних за формою та/або амплітуді ЗС із суцільним спектром $x_1(t)$ і $x_2(t)$ перетворення розсіювачем ЗС є нелінійним, якщо не виконується щодо $x_i(t)$ рівність:

$$u_i(t) = h(t) * x_i(t)$$

де $u_i(t)$ – відгук об'єкта на i -й ЗС, $h(t)$ – імпульсна характеристика НРс, $*$ – символ згортки, а знак рівності розуміється як тотожність відносно $x_i(t)$.

Характеристика нелінійності $\varepsilon^*(t)$ перетворення сигналів НРс визначається виразом:

$$\varepsilon^*(t) = u_1(t) - F^{-1} |1/K(\omega)| * u_2(t),$$

де F^{-1} – зворотне перетворення Фур'є, $K(\omega)$ – передавальна функція фазового коректора між спектрами.

Нелінійні спотворення ЗС випромінювачем НР можуть бути враховані, якщо використовувати двоканальний приймач: перший (опорний) канал реєструє ЗС на виході випромінювача НР, а другий (вимірювальний) – відгуки НРс. У такому випадку характеристика нелінійності приймає вигляд:

$$\varepsilon_{II}^*(t) = Q_u [h(t) * x_1(t)] - F^{-1} \left[F \{ Q_u [h(t) * x_2(t)] \} / F \{ Q_x [x_2(t)] \} \right] * Q_x [x_1(t)],$$

де F – перетворення Фур'є. Перетворення сигналів приймачем враховується за допомогою нелінійного оператора вимірювального каналу Q_u , що перетворює часову функцію відгуку об'єкта на вході вимірювального каналу приймача в часову функцію на його виході, і нелінійного оператора опорного каналу Q_x .

Таким чином, ефективне виявлення НРс можливо при максимальному поглинанні енергії ЗС НР досліджуванним об'єктом шляхом чергування

один за одним різних за амплітудою і формою ЗС, що являють реалізацію випадкового процесу із суцільним спектром.

Висновки

Подальший якісний розвиток технології нелінійної радіолокації безпосередньо пов'язаний з максимізацією «нав'язування» енергії зондуючого сигналу нелінійним розсіювачам (НРс). Так як максимально ефективно НРс поглинається енергія тих спектральних складових зондуючого сигналу, довжини хвиль яких зрівнянні з довжинами його «випадкових» антен, тому раціональним для практики є використання чергування різних за амплітудою і формою зондуючих сигналів, що представляють реалізацію випадкового процесу із суцільним спектром.

Література

1. Хорошко В.А. Методы и средства защиты информации / В.А. Хорошко, А.А. Чекатков – К. : «Юниор», 2003. – 504с.
2. Горбачев А.А. Амплитудные характеристики нелинейных рассеивателей / А.А. Горбачев, С.В. Ларцов, С.П. Тараканов, Е.П. Чигин // Радиотехника и электроника. – 1996. – Т. 41, № 5. – С. 558–562.
3. Зинченко М.В. Рассеивание плоских волн системой симметричных вибраторов с нелинейными нагрузками при воздействии нелинейного радиолокатора / М.В. Зинченко, Ю.Ф. Зиньковский // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. НТУУ «КПИ». – 2010. – Том 53. – № 10. – С. 24–34.

Анотація

Показано, що максимально ефективно нелінійним розсіювачем поглинається енергія тих спектральних складових зондуючого сигналу, довжини хвиль яких зрівнянні з довжинами його «випадкових» антен, тому раціональним для практики є використання чергування різних за амплітудою і формою опромінюючих сигналів, що представляють реалізацію випадкового процесу із суцільним спектром.

Ключові слова: Нелінійний розсіювач, зондуючий сигнал, «електрично малі» антени

Аннотация

Показано, что максимально эффективно нелинейным рассеивателем поглощается энергия тех спектральных составляющих зондирующего сигнала, длины волн которых сравнимы с длинами его «случайных» антенн, поэтому для практики рациональным является использование чередования различных по амплитуде и форме облучающих сигналов, представляющих реализацию случайного процесса со сплошным спектром.

Ключевые слова: Нелинейный рассеиватель, зондирующий сигнал, «электрически малые» антенны

Abstract

It is shown that the most efficient by nonlinear scatterer absorbed the energy of the probing signal spectral components which wavelengths are matched with its "random" antennas length, so it is rational in practice to use irradiate signals alternation of different amplitude and shape that represent the realization of a random process of continuous spectrum.

Keywords: Nonlinear diffuser, sounding the alarm, "electrically small" antennas