

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА НА НЕЛИНЕЙНЫЕ РАССЕИВАТЕЛИ

Кравченко Е. К., студент; Зинченко М. В., к.т.н.

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев, Украина

В нелинейной радиолокации актуальной является оценка влияния параметров зондирующего сигнала (ЗС) на демаскирующие признаки нелинейных рассеивателей (НРс).

Рассмотрим нахождение уровня минимальной плотности потока мощности ЗС $\Pi_{0\text{нор}}$, при котором возникает эффективное воздействие ЗС на НРс. Пускай среднее значение принятой НРс мощности равно нулю $m_{P_{\text{нр}}} = 0$, а среднее значение пороговой мощности возьмем как

$$m_{P_{\text{нор}}} = \zeta(\sigma_{P_{\text{нр}}} + \sigma_{P_{\text{нор}}}),$$

где m и σ — среднее значение и среднее квадратическое отклонение случайной величины, $\zeta = 2..3$ — коэффициент надежности выполнения условия эффективного влияния ЗС на НРс, зависящий от требуемой вероятности возбуждения сигнала отклика. Оценку порогового значения предлагается осуществлять путем решения неравенства:

$$\Pi_0 \leq m_{P_{\text{нор}}} - m_S + \zeta(\sigma_S + \sigma_{P_{\text{нор}}}), \quad (1)$$

Параметры m , σ определяются экспериментально или по эмпирическим формулам:

$$\begin{aligned} m(f) &= m(f_0) + 0.1 \lg(f/f_0), \\ \sigma(f) &= \sigma(f_0) - 0.1 \lg(f/f_0), \end{aligned} \quad (2)$$

где f (ГГц) — ГГц частота ЗС, $f_0 = 1$ ГГц.

Вероятность влияния ЗС на НРс будет иметь вид [1]:

$$\varphi(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{y-\zeta\left(1+\frac{\sigma_{P_{\text{нр}}}}{\sigma_{P_{\text{дон}}}}\right)}{2}} dx dy.$$

Если обозначить $\xi = \sigma_{P_{\text{нр}}} / \sigma_{P_{\text{нор}}}$, то выражение приходит к виду:

$$\varphi(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(y-\zeta(1+\xi))^2}{2}} dx dy.$$

Следовательно, вероятность влияния ЗС на НРс будет фактически зависеть от двух параметров ξ и ζ , где ξ — соотношение дисперсий, ζ — коэффициент надежности выполнения условия взаимовлияния.

Результаты вычислений вероятности взаимовлияния для различных ξ и ζ представлены в таблице 1.

Захист інформації

Задаваясь значением коэффициента запаса, взятым исходя из требуемой вероятности взаимовлияния, можно при помощи формулы (2) определить пороговое значение $\Pi_{0пор}$.

Таблица 1.

ζ	$\xi = 1$	$\xi = 2$	$\xi = 3$	$\xi = 4$	$\xi = 5$
0	0,493	0,508	0,506	0,494	0,495
1	8,384E-02	9,346E-02	0,105	0,110	0,116
2	2,588E-03	3,872E-03	5,908E-03	7,361E-03	9,160E-03
3	1,156E-05	2,343E-05	4,435E-05	1,035E-04	1,946E-04
4	4,465E-09	1,595E-09	7,947E-11	7,136E-11	1,701E-09
5	7,383E-14	5,412E-17	5,397E-23	3,842E-27	2,947E-28
6	3,354E-20	3,356E-28	5,116E-42	0	0
7	3,436E-28	2,956E-43	0	0	0
8	7,262E-38	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
ζ	$\xi = 6$	$\xi = 7$	$\xi = 8$	$\xi = 9$	$\xi = 10$
0	0,481	0,51533	0,5622759	0,5707894	0,4918545
1	0,117	0,108813	0,1033821	9,848E-02	9,403E-02
2	9,676E-03	1,461E-02	1,182E-02	7,596E-03	5,651E-03
3	1,905E-04	2,245E-04	5,515E-04	3,819E-04	1,388E-04
4	7,249E-18	5,082E-12	4,177E-22	2,773E-15	3,401E-09
5	0	2,802E-45	0	0	0
6	0	0	0	0	0

Экспериментальная проверка методики анализа и прогнозирования воздействия излучаемого нелинейным радиолокатором (НР) СВЧ сигнала на НРс состоит в следующем. Используем в качестве источника ЗС нелинейный радиолокатор «NRμ» [2]. Его характеристики: рабочая частота $f_{ин} = 850$ МГц, номинальная выходная мощность в импульсе $P_{ин} = 600$ Вт (в логарифмическом масштабе $P_{ин} = 27$ дБВт). В качестве рецептора нелинейных продуктов используем приемники нелинейного радиолокатора. Уровень пороговой мощности для непрерывного ЗС составляет $P_{пор} = 100$ мВт (в логарифмическом масштабе $P_{пор} = -10$ дБ·Вт).

Воспользуемся выражением (1). Коэффициент запаса ζ пусть будет равен нулю, тогда уровень пороговой плотности потока мощности ЗС будет равен:

$$\Pi_0 = m_{P_{дон}} - m_{\zeta}.$$

Исходя из размеров макета НРс: $m_{\zeta} (\text{дБм}^2) = 3.89 - 6.784 - 29 = -31$.

Тогда пороговая плотность потока мощности ЗС равна:

$$P_{0пор} = -10 + 31 = 21 \text{ (дБВт/м}^2\text{)}.$$

Експеримент по определению восприимчивости НРС к излучаемому ЗС проводился в безэховой камере, выложенной из РПМ «КВАРЦ». Результаты эксперимента представлены в таблице 2, где $k_{возб}$ – коэффициент возбуждения.

Таблица 2.

$P_0 \text{ (дБВт/м}^2\text{)}$	15	20	25
$k_{возб}$	0,00	0,03	0,78

Из полученных результатов видно, что возбуждение полезного сигнала отклика произойдет в пределах $P_0 = 20 - 25 \text{ дБ} \cdot \text{Вт/м}^2$. Что соответствует общепринятым сведениям. Таким образом, предложенная в работе методика может быть использована для натуральных исследований восприимчивости НРС к разного рода ЗС нелинейных радиолокаторов.

Литература

1. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга 2 / Б. Р. Левин — М. : Сов.радио, 1975. — 391 с.
2. Переносной детектор нелинейных переходов «NRμ» / Руководство по эксплуатации. ЮТДН 468 165 003 РЭ. — ЗАО «Группа защиты - ЮТТА».

Анотація

Представлено методику оцінки мінімального граничного рівня потоку потужності зондуємого сигналу нелінійного радіолокатора, здатного сформувати нелінійних розсіювачах демаскуючий сигнал відгуку.

Ключові слова: нелінійна радіолокація, зондуємий сигнал, нелінійний розсіювач.

Аннотация

Представлена методика оценки минимального предельного уровня потока мощности зондирующего сигнала нелинейного радиолокатора, способного сформировать в нелинейных рассеивателях демаскирующий сигнал отклика.

Ключевые слова: нелинейная радиолокация, зондирующий сигнал, нелинейный-рассеиватель.

Abstract

Presents a methodology for assessing the minimum level of power fluxprobing signal for nonlinear radar, capable to generate in nonlinear scatterers the unmasking signal.

Keywords: nonlinear radar, probe signal, nonlinear scatterer.