

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ РАДИОПРИЕМНОГО ТРАКТА НА ДАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

П. В. Заяц

*ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы
радиолокации», г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель И. Ю. Малевич

Работа современных обзорных радиолокационных станций (РЛС) осуществляется в условиях сложной электромагнитной обстановки (ЭМО), которая существенным образом влияет на характеристики обнаружения.

Обеспечение тактико-технических характеристик РЛС при действии интенсивных помех в значительной мере определяется помехозащищенностью радиоприемного тракта (РПТ). В этой связи практически важным вопросом является предметная оценка влияния помехозащищенности РПТ на дальность обнаружения РЛС.

Как известно, помехозащищенность РПТ определяется как мера потери его чувствительности в условиях действия помех и оценивается коэффициентом [1]:

$$\Pi = \frac{P_{\text{ш.п.р}} + P_{\text{п.вх}}}{P_{\text{ш.п.р}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ш.п.р}}$ – мощность собственных шумов РПТ, приведенных к его входу:

$$P_{\text{ш.п.р}} = kT\Delta f_{\text{пч}}N_{\text{ш}}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана, равная $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T – температура окружающей среды (293 К); $\Delta f_{\text{пч}}$ – ширина полосы пропускания тракта основной избирательности РПТ; $N_{\text{ш}}$ – коэффициент шума РПТ; $P_{\text{п.вх}}$ – мощность нелинейных шумов, формируемых при попадании в РПТ высокоуровневых внеполосных помех; $P_{\text{п.вх}}$ в общем случае представляет аддитивную смесь помеховых компонент, принимаемых РПТ по внеполосным каналам приема:

$$P_{\text{п.вх}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{вых}i}}{G_{\text{рпт}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{п.вх}}$ – приведенная к входу РПТ интегральная мощность помех, проникающих в тракт по всем учитываемым внеполосным каналам приема; $P_{\text{вых}i}$ – мощность сигнала, принятого i -м внеполосным каналом приема; $G_{\text{рпт}}$ – коэффициент усиления РПТ.

Оценка воздействия отдельных помеховых составляющих $P_{\text{вых}i}$ на выходной сигнал РПТ выполняется посредством анализа его функциональной модели (рис. 1) [2], которая визуализирует основные функции супергетеродинного тракта, связанные с прохождением через него полезного сигнала, помех и шумов. Совокупность основного и неосновных каналов приема представлена в виде функциональных групп: линейные, нелинейные и нелинейно-параметрические каналы.

Прохождение сигналов по линейным каналам приема представлено блоками, транслирующими полезный сигнал $P_{ВХ.С}$ и собственные шумы $P_{Ш.ПР}$ РПТ, приведенные к полосе пропускания тракта основной избирательности, а также сигналы на частотах повышенной восприимчивости тракта, обусловленные недостаточной избирательностью по зеркальному, прямому, дополнительным каналам приема.

Группа нелинейных каналов отражает нелинейное поражение РПТ вследствие различных нелинейных эффектов: перекрестных искажений и блокирования, а также интермодуляционных искажений различных видов $f_1 \pm f_2$ (индекс 11), $2f_1 \pm f_2$ (21), $f_1 + f_2 - f_3$ (111), $if_1 \pm jf_2 \pm kf_3$ ($i, j, k \dots$), характеризуемых уровнями $P_{ВХ.Н11}$, $P_{ВХ.Н111}$, $P_{ВХ.Нijk}$.

Среди нелинейно-параметрических эффектов решающее влияние на поражение приема оказывает обратное преобразование шумов гетеродина.

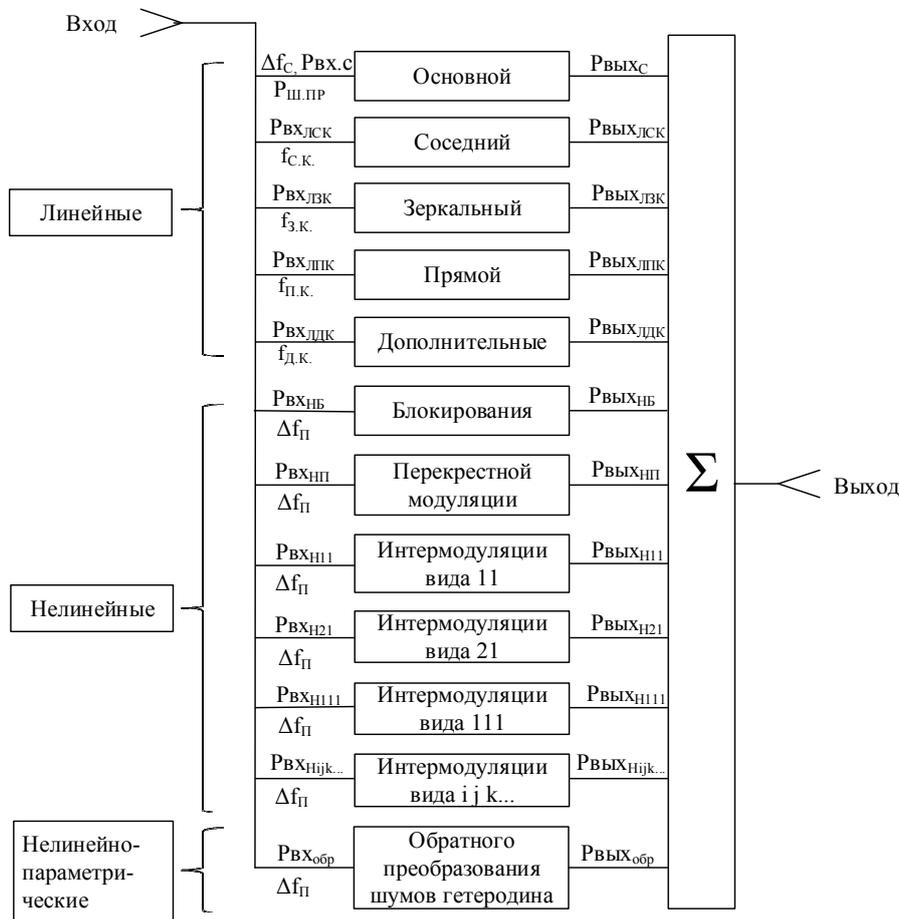


Рис. 1. Анализ функциональной модели радиоприемного тракта

В условиях реальной ЭМО по основному каналу приема в РПТ из эфира поступают космические и тепловые шумы, шумы атмосферного и промышленного происхождения и другие радишумы [3], интенсивность которых можно определить с учетом шумовой температуры антенны $T_{Ш.А}$:

$$P_{Ш.А} = kT_{Ш.А}\Delta f_{ПЧ}. \quad (4)$$

Тогда при оценке качества РПТ в составе реального радиоканала целесообразно использовать эффективный коэффициент помехозащищенности:

$$\Pi_{\text{эфф}} = \frac{P_{\text{ш.пр}} + (P_{\text{ш.а}} + P_{\text{п.вх}})}{P_{\text{ш.пр}}} \quad (5)$$

Теперь для РПТ, представленного функциональной моделью (рис. 1), можно учесть влияние помехозащищенности РПТ на максимальную дальность действия РЛС. В случае идеальной ЭМО основное уравнение радиолокации имеет вид

$$D_{\text{макс}} = \sqrt[4]{\frac{\gamma P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 H q P_{\text{ш.пр}}}}, \quad (6)$$

где γ – коэффициент умножения амплитуды принятого сигнала по мощности (равен произведению коэффициента сжатия на коэффициент накопления, для простого сигнала $\gamma=1$ [4]); $P_{\text{прд}}$ – мощность передающего устройства РЛС; $G_{\text{прд}}$ и $G_{\text{прм}}$ – коэффициенты усиления антенны РЛС на передачу и прием, соответственно; λ – длина волны; σ – эффективная площадь рассеяния цели; H – коэффициент суммарных потерь сигнала на сканирование, обработку, передачу и прием; q – пороговое значение отношения «сигнал–шум».

Для реальной ЭМО, т. е. с учетом радифона и воздействия отдельных помеховых составляющих $P_{\text{вых}i}$ на выходной сигнал РПТ, основное уравнение радиолокации примет следующий вид:

$$D_{\text{п.макс}} = \sqrt[4]{\frac{\gamma P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 H q (P_{\text{ш.пр}} + P_{\text{ш.а}} + P_{\text{п.вх}})}} \quad (7)$$

В результате анализа (6) и (7) нетрудно получить зависимость дальности обнаружения РЛС от коэффициента помехозащищенности РПТ в виде

$$D_{\text{п.макс}} = \frac{D_{\text{о.макс}}}{\sqrt[4]{\Pi_{\text{эфф}}}} \quad (8)$$

Таким образом, установлена предметная связь между дальностью обнаружения РЛС и помехозащищенностью РПТ в сложившейся ЭМО.

Использование полученного результата позволяет решать задачу структурной и параметрической оптимизации РПТ с системных позиций.

Литература

1. Ли За Сон. Оптимизация радиоприемного устройства по критерию помехозащищенности : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.17 / Ли За Сон. – СПб., 1993. – 39 л.
2. Богданович, Б. М. Радиоприемные устройства с большим динамическим диапазоном / Б. М. Богданович. – М. : Радио и связь, 1984. – 176 с.
3. Радишум. Рекомендация МСЭ-R P.372-10. – Женева : Междунар. союз электросвязи, 2010. – 77 с.
4. Обобщенное основное уравнение радиолокации / О. Ю. Шевцов [и др.] // Изв. ТулГУ, 2012. – Вып. 11, ч. 2. – С. 158–164.