

УДК 621.396.9

Э.Ф. Бабуров, проф., д-р техн. наук

А.Г. Каширин, аспирант

В.Б. Салицкий, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: notificationsack@inbox.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ В НЕЛИНЕЙНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ

Рассмотрен режим работы нелинейного радиолокатора с автоматическим выбором рабочей частоты радиоканала с минимальным уровнем флуктуационных помех.

Проблема нелинейной радиолокации определена необходимостью поиска и обнаружения скрытых электронных устройств различного назначения. Повышение помехоустойчивости устройств нелинейной радиолокации является актуальной научной и практической задачей, решение которой позволит эффективно использовать нелинейные радиолокаторы для указанных выше целей и расширить их функциональные возможности [1,2].

Принципиальная сложность в создании эффективных нелинейных радиолокаторов (НРЛ) заключается в незначительной интенсивности переизлученного сигнала электронными элементами. Отмеченная трудность усугубляется наличием достаточно интенсивных помех, создаваемых передающими устройствами, работающими в этом диапазоне, например, устройствами мобильной радиосвязи. Как правило, такие помехи узкополосны. Поэтому НРЛ должен обладать способностью выбора радиоканала в заданном диапазоне с минимальным уровнем помех без вмешательства оператора.

При прохождении помехи через узкополосный высокочастотный тракт приёмника при отсутствии полезного сигнала образуется случайный процесс в виде квазигармонического колебания

$$n(t) = A(t) \cos(\omega_{\text{пом}} t + \theta(t)), \quad (1)$$

параметры которого – огибающая $A(t)$ и фаза $\theta(t)$ являются случайными медленно меняющимися функциями времени, а средняя частота $\omega_{\text{пом}}$ соответствует частоте выбранного канала. Спектральная плотность мощности помехи (1) упрощённо описывается формулой

$$N(\omega) = \begin{cases} N_0, & \text{при } \omega_{\text{пом}} - P_{\text{пом}}/2 < \omega < \omega_{\text{пом}} + P_{\text{пом}}/2, \\ 0, & \text{при } \omega < \omega_{\text{пом}} - P_{\text{пом}}/2, \\ 0, & \text{при } \omega > \omega_{\text{пом}} + P_{\text{пом}}/2, \end{cases} \quad (2)$$

где $\Delta\omega_{\text{пом}}$ – эффективная ширина спектральной плотности мощности помехи в выбранном канале.

Один из вариантов распределения спектральной плотности помехи в диапазоне рабочих частот приемного устройства НРЛ изображен на рисунке 1.

Мощность помехи на выходе линейного тракта приёмника для случайного процесса с нулевым средним значением

$$P_{\text{пом}} = \sigma_x^2 = N_0 K_0^2 \Delta\omega_{\text{пом}}, \quad (3)$$

где K_0 – коэффициент передачи приёмного тракта, настроенного на вторую (третью) гармонику частоты излучаемого сигнала.

Мгновенное значение помехи, сформированной избирательными цепями приёмника и определенное соотношения (1) и (2), подчиняется нормальному закону распределения плотности вероятности [3, с. 116]. Огибающая такого квазигармонического сигнала на входе детектора обладает рэлеевским распределением плотности вероятности [3, с. 129]

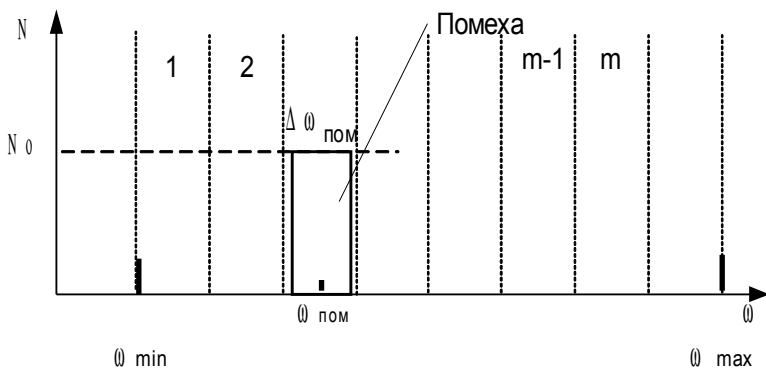


Рисунок 1 – Спектральная плотность мощности помехи $N(\omega)$ в диапазоне рабочих частот приёмного устройства НРЛ

$$p(n_{\text{вых}}) = \frac{n_{\text{вых}}}{\sigma_x^2} \cdot e^{-\frac{n_{\text{вых}}^2}{\sigma_x^2}}, \quad 0 < n_{\text{вых}} < \infty, \quad (4)$$

где $n_{\text{вых}} = n_{\text{вых}}(t)$ – сигнал на входе детектора с амплитудой $n_{\text{мвых}}$.

Постоянная составляющая помехового напряжения, выделяемая линейным безынерционным амплитудным детектором, с учетом выражений (3) и (4) принимает значение [3]

$$n_{0\text{вых}} = M[n_{\text{вых}}(t)] = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sigma_x. \quad (5)$$

Мощность помехи на выходе детектора в режиме линейного детектирования с учетом (5) достигает величины [3]

$$\sigma_{\text{вых}}^2 = \frac{4 - \pi}{2} \cdot \sigma_x^2. \quad (6)$$

Основные параметры напряжения помехи на выходе детектора: постоянная составляющая $\rho_{\text{вых}}$ и мощность $\sigma_{\text{вых}}^2$ определяются через мощность высокочастотной помехи (3) на входе детектора.

Структурная схема нелинейного радиолокатора, осуществляющего автоматический выбор рабочей частоты на основе измерения постоянной составляющей помехи (5) или её мощности (6), представлена на рисунке 2. Схема разработана с использованием ранее полученных результатов [4].

Структурная схема НРЛ содержит передающий тракт, состоящий из последовательно соединённых управляемого по частоте генератора 1, усилителя мощности 2, антенного блока 3. К управляющему входу усилителя мощности через модулятор 4 подключён генератор низкой частоты 5. Приёмный тракт состоит из двух идентичных каналов, входы которых подключены к антенному блоку 3. Оба канала содержат последовательно соединённые маломощные усилители 6,16, смесители 7,17, усилители промежуточной частоты 8,18, детекторы 9,19, усилители нижних частот 10, 20, к выходам которых подключено решающее устройство 22, а его выход соединен с индикатором 21 и схемой формирования сигналов управления 23. Кроме того, НРЛ содержит преобразователь частоты 12, опорный кварцевый генератор 13, телефоны 11. Между выходом преобразователя частоты 12 и вторыми входами смесителей первого и второго каналов приёма включены соответственно умножители частоты на два 14 и на три 15.

В результате переизлучения зондирующего сигнала нелинейными элементами при обнаружении скрытых электронных устройств возникают вторая и третья гармоники. На их частоты соответственно настроены два канала приемного тракта НРЛ.

Объектом управления в рассматриваемом НРЛ является его передающая часть, а точнее управляемый по частоте генератор 1. Перед излучением зондирующего сигнала НРЛ осуществляет сканирование по всем имеющимся каналам в рабочем диапазоне частот и выбирает канал с минимальным уровнем помехи.

Алгоритм работы решающего устройства изображён на рисунке 3.

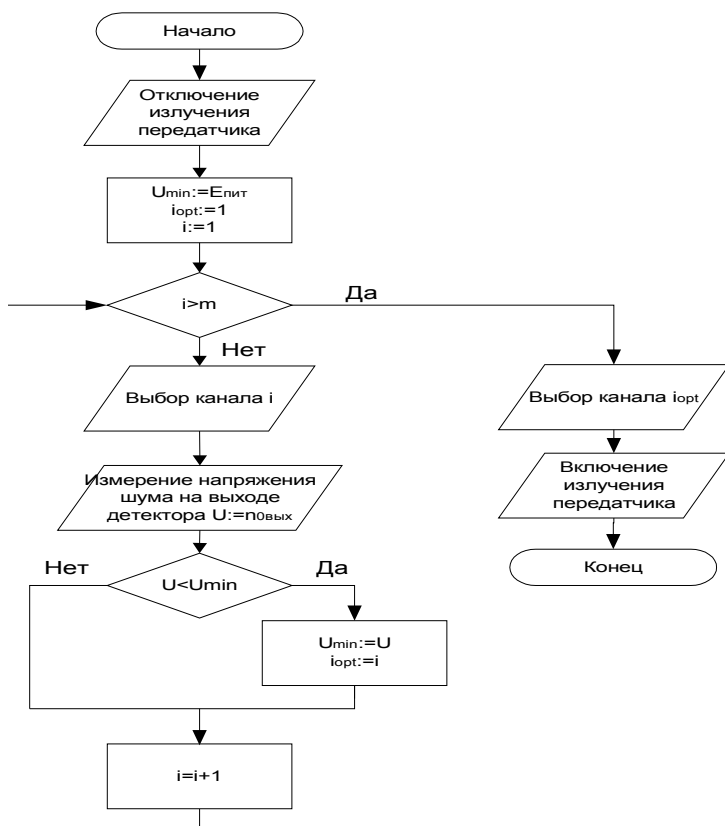


Рисунок 3 – Алгоритм работы решающего устройства

Перед измерением уровня помехи в канале подаётся сигнал отключения излучения передатчика нелинейного радиолокатора, устанавливаются начальные значения переменных: i – номер активного канала, i_{opt} – номер канала, с минимальным измеренным уровнем помехи, $U_{\min}$ – минимальное напряжение помехи, измеренное в рабочем диапазоне.

Далее выбирается канал i и проводится измерение среднего напряжения помехи в канале, измеряется напряжение U на выходе канала приёма второй гармоники. Полученное значение сравнивается с $U_{\min}$. Если измеренное значение помехи меньше полученного ранее, то запоминается номер текущего канала $i := i_{\text{opt}}$ и постоянная составляющая помехи (5). Происходит сканирование всех m доступных каналов, после чего рабочим становится канал с наименьшим уровнем помехи. После завершения этой процедуры возобновляется работа передатчика НРЛ. Обычно достаточно один

раз выявить оптимальный канал перед началом работы, при необходимости процедура может быть повторена.

Предложенная схема НРЛ позволяет повысить его эффективность в сложной помеховой обстановке. В связи с этим дальнейшее исследование предложенного способа повышения помехоустойчивости НРЛ путём отстройки от частоты помехи является перспективным.

Библиографический список

1. Вернигоров Н.С. К вопросу о принципе сравнения в нелинейной радиолокации / Н.С. Вернигоров, Т.В. Кузнецов // Информост. — 2002. — №3. — С.7 – 10.
2. Семенов Д.И. Нелинейная радиолокация: концепция "NR" / Д.И. Семенов, Д.А. Ткачев // Специальная техника. — 1999. — №1-2. — С. 17 - 19.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. — М.: Радио и связь, 1986. — 512 С.
4. Бабуров Э.Ф. Применение нелинейной локации в информационных системах / Э.Ф. Бабуров, В.П. Климов, А.Г. Каширин // Сб. науч. тр. СИЯЭиП. — Севастополь, 2001. — № 5. — С.183 – 187.

Поступила в редакцию 22.09.2003 г.