



УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ СИГНАЛОВ В НЕСИНХРОННЫХ СЕТЯХ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ ВТОРИЧНОЙ ЛОКАЦИИ

ОБОД И.И.

Приведено исследование различных способов управления потоками запросных и ответных сигналов в системах вторичной локализации, позволяющих повысить помехоустойчивость последних.

Системы вторичной локализации (ВРЛ) [1] широко применяются при управлении воздушным движением (УВД) и для радиолокационного опознавания (РЛО). Они являются основным источником получения информации с борта летательного аппарата и информации о государственной принадлежности объектов, обнаруженных радиолокационными средствами. Современные системы ВРЛ построены по принципу открытых систем массового обслуживания с отказами, что затрудняет их использование в конфликтных ситуациях и в поле действия многих локаторов.

Известны различные методы повышения помехоустойчивости запросных систем ВРЛ [2]. Большинство из них основано на снижении уровня внутрисистемных помех, что, как известно, ведет к повышению помехоустойчивости.

Исследуем возможные варианты снижения потока внутрисистемных помех за счет управления потоками как запросных, так и ответных сигналов в системах ВРЛ [3].

Известно [3], что поток запросных сигналов (ЗС) на входе самолетного ответчика (СО) является суммой потоков ЗС $\lambda_i(t)$ $N-1$ запросчиков, в зоне действия которых находится ответчик. Он может

быть записан в виде $\lambda_c = \sum_{i=1}^{N+1} \alpha_i(t)\beta_i(t)$, где

$$\alpha_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } \xi_i + mT_{zi} \leq T(t) < \xi_i + mT_{zi} + \tau_0; \\ 0 & \text{при других } T(t); \end{cases}$$

ξ_i — начальная фаза потока; $\alpha_i(t)$ — случайная величина с равномерной плотностью распределения на интервале $[0, T_{zi}]$; τ_0 — длительность импульса потока;

$$\beta_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } \mu_i + sT_{oi} \leq T(t) < \mu_i + sT_{oi} + \Delta t_i; \\ 0 & \text{при других } T(t); \end{cases}$$

Δt_i — длительность пачки запросных сигналов.

Как следует из изложенного выше, поток $\lambda_c(t)$ полностью определяется параметрами четырех типов N_i, t_i, T_{zi}, T_{oi} . Число запросных станций N и ширина диаграммы направленности антенны обычно заданы. Остаются два параметра, изменяя которые можно менять свойства потока в нужном направлении, используя определенные критерии. В качестве такого критерия может быть использована дисперсия числа ответных сигналов в пачке. Минимум этой дисперсии выполняется, если сумма корреляционных моментов равна нулю, что указывает на независимость или некоррелированность состояний ответчика в моменты поступления на его вход i -го и j -го запросных сигналов конкретного запросчика. Условие некоррелированности выполняется, если период следования ЗС запросчика выбран так, что $\tau = kT_{z0}$ попадают в промежутки между лепестками корреляционной функции (КФ) процесса обслуживания. Так как каждая из N ВРЛ может считаться конкретной, то периоды следования ЗС каждой ВРЛ должны удовлетворять условию при сохранении независимости потоков $\lambda_i(t)$:

$$m_r T_{zr} = m_s T_{zs}, \quad s, r = 1, 2, \dots, N, \quad s \neq r,$$

$$m_r T_{zr} > m_0 T_{z0} \quad \text{и} \quad |T_{zt} - T_{z0}| > 2t_0,$$

где m_r, m_s — целые несократимые числа; t_0 — время обслуживания ЗС в ответчике; T_{z0} — период следования ЗС рассматриваемого запросчика.

Приведенный способ управления потоками ЗС не предусматривает взаимодействия потоков. Однако, как следует из процесса функционирования современных систем ВРЛ, рассмотренные выше условия можно ослабить, так как для работы систем РЛО достаточно обслуживания определенного числа ЗС.

Будем считать, что набор периодов следования рассматриваемого и других ВРЛ удовлетворяет критерию ограниченного взаимодействия, если выполняется равенство $r_m = m - k$. Как следует из этого выражения, ограниченное взаимодействие выбрано так, что за всю пачку ЗС окажется такая часть ответных сигналов ответчика, что в запросчике произойдет выполнение критерия начала пачки.

При практическом выборе периодов следования сети запросных систем ВРЛ с ограниченным взаимодействием потоков ЗС можно использовать следующий алгоритм, позволяющий достаточно просто определить набор периодов следования. При заданном времени обслуживания выбирается период следования первого ВРЛ так, что $T_1 = a(t_0 + 1)$, где $a > m - k$. Тогда остальные периоды следования полагаем равными

$$T_i = T_1 + (i - 1)(t_0 + 1), \quad i = 2, 3, \dots, N.$$

Таким образом, правильный выбор периодов следования ЗС в районе совместного действия позволяет значительно уменьшить вероятность взаимодействия отдельных ЗС и, как следствие, повысить помехоустойчивость всех запросных систем ВРЛ, входящих в рассматриваемую систему. Повышение помехоустойчивости достигается путем оп-

тимизации потоков запросных сигналов отдельных запросчиков системы ВРЛ.

Рассмотрим возможность управления потоками ответных сигналов (ОС), которые также приводят к снижению вероятности получения информации от ответчиков, находящихся на одном азимуте относительно запросчика. Как следует из [1], современные системы ВРЛ позволяют снижать количество ответных сигналов при значительных интенсивностях потоков ЗС. Однако при этом исключается ответ для удаленных запросчиков, амплитуда ЗС которых минимальна. Но на практике представляет интерес получить информацию именно от удаленных ответчиков. В связи с этим рассмотрим один из возможных методов управления потоками ответных сигналов.

Как известно из общей теории выбора сигналов в асинхронных системах, если скорость передачи сообщений не превосходит пропускную способность канала связи, то предельная помехоустойчивость таких систем определяется только собственным шумом приемника, а влияние взаимных помех может быть уменьшено введением избыточности путем увеличения временной базы сигнала. К числу методов создания сложных сигналов, основанных на использовании сигналов запроса ВРЛ и имеющейся в СО схемы подавления боковых лепестков диаграммы направленности (ДН) [1], можно отнести и метод управления зоной приема сигналов запроса [3]. Сущность управления зоной приема ЗС на основе использования схем подавления сигналов боковых лепестков ДН антенны состоит в следующем (рис. 1).

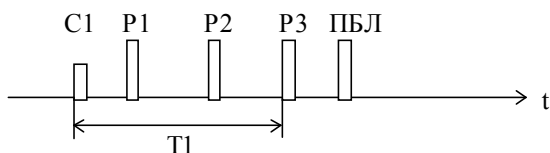


Рис.1

Предположим, что в системе ВРЛ используется трехимпульсный код. Известно [1], что четвертым будет излучаться импульс ПБЛ. Введем в состав запросного кода импульс С1 с управляемой, относительно импульсов кода, амплитудой и выберем временную расстановку (T_1) этого импульса так, что импульс ПБЛ запросного кода смещен относительно своего положения и на его временной позиции оказывается один из импульсов запросного кода. При таком управлении ЗС удастся путем изменения амплитуды сигнала С1 управлять началом зоны выработки ОС. Действительно, СО будет отвечать только при отсутствии приема сигнала С1.

Обнаружение ЗС, как следует из изложенного выше, происходит в случае обнаружения импульсов Р и не обнаружения импульса С1. Произведение вероятностей указанных событий определяет вероятность правильного обнаружения ЗС:

$$D = [1 - D_2(q_1, F)][D_2(q_2, F)]^n, \quad (1)$$

где

$$D_1(q, F) = \int_z^{\infty} x \exp[-(x^2 + q^2)/2] I_0(qx) dx \quad (2)$$

— вероятность правильного обнаружения некогерентного радиоимпульса при отношении с/ш, равном q , и вероятность ложной тревоги, равной F ; q_1 — отношение с/ш для импульса С1; q_2 — отношение с/ш для импульсов Р. Вероятности обнаружения таких запросных сигналов, рассчитанные по (1), при $F = 10^{-6}$, с учетом (2), для $n=3$ в зависимости от соотношения $q_2 - q_1$ поданы на рис.2.

Как следует из представленных зависимостей, управление соотношением излучаемых мощностей импульсов С1 и Р позволяет управлять областью излучения ответных сигналов и тем самым снижать интенсивность потока ответных сигналов.

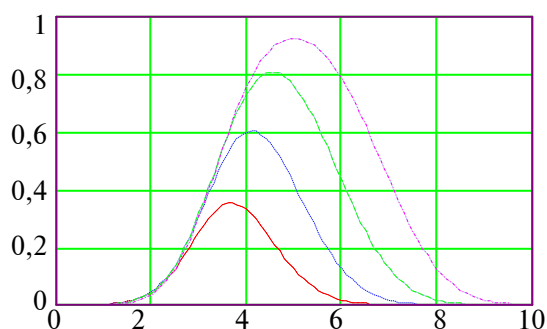


Рис.2

Применение таких ЗС позволяет управлять областью излучения ОС и тем самым уменьшать синхронные помехи в аппаратуре приема этих сигналов. Отношения с/ш q_1 и q_2 , входящие в (1), уменьшаются обратно пропорционально расстоянию между запросчиком и ответчиком при заданной мощности излучаемых сигналов. При сохранении постоянного соотношения между уровнями мощности излучаемых импульсов С и Р вместе с ростом дальности до зоны приема ЗС ширина этой зоны увеличивается по линейному закону.

Таким образом, приведенные методы управления потоками запросных и ответных сигналов в запросных системах ВРЛ позволяют снизить вероятность совпадения во времени поступления запросных сигналов на ответчик, что повышает помехоустойчивость существующих систем ВРЛ.

Литература: 1. Грачев В.В., Кейн В.М. Радиотехнические средства управления воздушным движением. М.: Транспорт, 1975. 342 с. 2. Глобус И.А. Двоичное кодирование в асинхронных системах. М.: Связь, 1972. 153 с. 3. Обод И.И., Коваль И.В., Шкуруний О.К. Помехоустойчивость запросных систем вторичной локации. Деп. в УкрИНТЭИ 25.12.96 №350-Уі96.

Поступила в редколлегию 22.05.98

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Грачев Г.В.

Обод Иван Иванович, старший научный сотрудник, канд. техн. наук, докторант ХВУ. Научные интересы: получение, обработка и передача информации в синхронных сетях разнесенных систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310166, Украина, Харьков, ул. Коломенская, 27, кв. 1.