

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗНЕСЕННЫХ СИСТЕМ ВТОРИЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

ОБОД И.И.

Исследована помехоустойчивость предлагаемого варианта разнесенных систем вторичной локации, использующихся в системах управления воздушного движения для получения полетной информации, и приведена сравнительная характеристика предложенного варианта с существующими запросными системами вторичной локации.

Одним из основных элементов систем управления воздушного движения (УВД) являются системы вторичной радиолокации (ВРЛ). Существующие системы ВРЛ построены по принципу открытых систем массового обслуживания с отказами, что, как показано в [1], существенно ограничивает их пропускную способность и, как следствие, ведет к снижению эффективности систем УВД. Использование разнесенных систем ВРЛ [2], позволяющее применять единый передающий пункт запросных сигналов, приводит к значительному снижению интенсивности потока внутрисистемных помех, что ведет к существенному повышению помехоустойчивости и пропускной способности вторичных систем УВД.

Исследуем помехоустойчивость разнесенных систем ВРЛ при создании радиолокационного поля вторичных радиолокационных средств, использованием одного запросного пункта с ненаправленной антенной. Будем исследовать помехоустойчивость как самолетного ответчика, так и всей системы в целом при совместном действии потока запросных сигналов (ПЗС) и хаотической импульсной помехи (ХИП).

При действии на вход самолетного ответчика (СО) разнесенной системы ВРЛ одновременно ПЗС и ХИП будут наблюдаться следующие явления, приводящие к исключению ответного сигнала запросчикам:

- подавление запросных сигналов данного ВРЛ из-за образования из ХИП опережающих ложных запросных сигналов, вызывающих излучение ответного кода (ложная тревога первого рода);
- подавление запросных сигналов данного ВРЛ из-за образования из ХИП и ПЗС опережающих запросных кодов, вызывающих излучение ответного кода (ложная тревога второго рода);
- высокочастотное подавление импульсов запросных кодов данного ВРЛ при совпадении по времени импульсов ХИП и ПЗС и неблагоприятных фазовых соотношениях;
- подавления запросного кода в результате инерциальности схем входных формирователей дешифратора.

Произведем определение вероятности этих событий в предположении, что ХИП и ПЗС действуют на запросные коды данного ВРЛ независимо друг от друга.

Пусть на вход ответчика поступают ХИП интенсивностью λ_0 , ПЗС, вызывающих излучение ответных сигналов, интенсивностью λ_1 . При этом предположим, что длительность импульсов потока ХИП и ПЗС одинакова и равна длительности импульсов полезного сигнала τ_0 . Вероятность того, что хотя бы один запросный код попадет в опережающий интервал и подавит запрос данного ВРЛ за счет времени парализации СО t_1 при излучении ответного сигнала, определяется как

$$P_1 = 1 - \exp(-\lambda_3 t_1),$$

где λ_3 – среднее число ложных кодов, образовавшихся из ХИП и вызывающих излучение ответного сигнала.

Среднее число ложных n -импульсных кодов, вызывающих излучение ответных сигналов, можно определить как [3]:

$$\lambda_3 = n\tau_0^n \lambda^{n-1} (1 - \tau_c / \tau_0),$$

где τ_c – заданная величина селекции импульсов по длительности.

Как известно [3], совместное действие ХИП и ПЗС вызывает образование ложных ответных кодов. Вероятность образования ложных запросных кодов, вызванных совместным действием ХИП и ПЗС, можно записать как

$$P_2 = n(n-1)P_{01},$$

где P_{01} – вероятность образования ложного импульса.

Совместное действие ХИП и ПЗС приводит к высокочастотному подавлению отдельных импульсов ХИП и ПЗС при неблагоприятных фазовых соотношениях, в результате чего уменьшается интенсивность ПЗС.

Вероятность того, что хотя бы один импульс ХИП совпадет по времени с импульсом ПЗС и подавит его, может быть определена из следующего соотношения:

$$P_p = \gamma [1 - \exp(-\lambda_0 \tau_0)].$$

С учетом n импульсов запросного кода вероятность подавления запросного кода составит

$$P_3 = 1 - (1 - P_p)^n.$$

Вероятность подавления запросных кодов вследствие инерциальности входных формирователей СО может быть определена следующим образом:

$$P_4 = 1 - (1 - P_f)^n,$$

где P_f – вероятность подавления одиночного импульса кода из-за инерциальности формирователя, которую можно определить как

$$P_f = 1 - \exp(-\lambda_0 \tau_f).$$

Учитывая изложенное выше, вероятность излучения ответа на запрос конкретного ВРЛ может быть записан как

$$P_0 = \prod_{i=1}^4 (1 - P_i). \quad (1)$$

Как следует из приведенных выражений, основной вклад в снижение коэффициента готовности СО рассматриваемого варианта построения разнесенной системы вторичной локации вносит вероятность P_2 , которая определяется интенсивностью потока ХИП и числом импульсов запросного кода. Время парализации СО t_1 , в связи с малой интенсивностью ПЗС, незначительно. На рис. 1 приведены зависимости коэффициента готовности СО ВРЛ в зависимости от

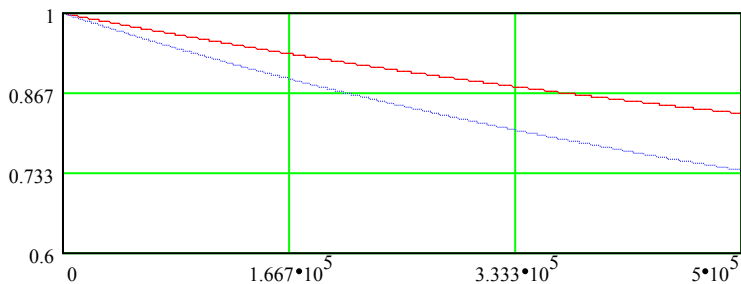


Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности

интенсивности ХИП. Как следует из представленных зависимостей, использование разнесенной вторичной локации позволяет значительно снизить суммарную интенсивность потока запросных сигналов и этим намного увеличить коэффициент готовности СО даже при значительных интенсивностях ХИП. Сравнительная характеристика приведенных расчетов с результатами расчетов помехоустойчивости СО существующих запросных систем ВРЛ [4] показывает, что выигрыш по помехоустойчивости рассмотренного варианта реализации разнесенной системы ВРЛ по сравнению с существующими достигает двух порядков и более. Рассмотрим влияние потока запросных сигналов и хаотической импульсной помехи на вероятность получения информации запросчиком ВРЛ в целом, с учетом как коэффициента готовности СО, так и системы обработки принимаемых ответных сигналов. Аппаратура обработки принимаемых ответных сигналов реализует алгоритм обнаружения пачки поступающих ответных сигналов при выполнении критерия “ k из m ”. Если рассматривать коэффициент готовности СО постоянным для всей обрабатываемой пачки ответных сигналов, то вероятность первого обнаружения пачки сигналов аппаратурой запросчика можно определить из следующего соотношения:

$$P_{ob} = \sum_{i=k}^m C_i^m P_0^i (1 - P_0)^{m-i}. \quad (2)$$

Исходя из того, что за время сканирования антенны запросчика происходит облучение СО пачкой из N запросных сигналов, вероятность получе-

ния информации СО может быть определена из следующего выражения:

$$P_c = \sum_{j=m}^N C_j^N P_{ob}^j (1 - P_{ob})^{N-j}. \quad (3)$$

Расчеты по выражению (3), с учетом (1) и (2), при различном числе запросных сигналов в пачке и $k/m=4/4$ представлены на рис.2. Как следует из представленных зависимостей, использование изложенного выше варианта построения разнесенной системы вторичной локации позволяет значительно повысить помехоустойчивость последних.

Таким образом, повышение помехоустойчивости систем ВРЛ, за счет создания разнесенных систем, позволяет повысить вероятность получения полетной информации от летательных аппаратов наземными радиолокационными средствами и, как следствие, приводит к повышению надежности и безопасности полетов летательных аппаратов.

Литература: 1. Шоу Н., Симолонас А. Пропускная способность сети вторичных радиоло-

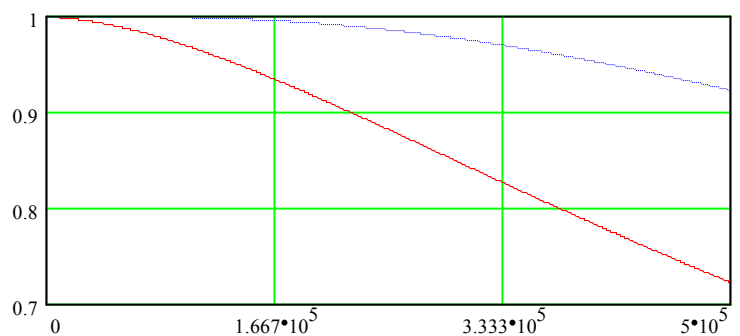


Рис.2. Вероятность получения информации

кационных станций для системы УВД // ТИИЭР.— 1970.— Т. 58.— № 3.— С. 117-145. 2. А. С. № 1531672. Разнесенная радиолокационная система / Обод И.И. БИ № 9.— 1997. 3. Глобус И.А. Двоичное кодирование в асинхронных системах. М: Связь.— 1972.— 154 с. 4. Обод И.И., Коваль И.В., Шкуруний О.К. Помехоустойчивость запросных систем вторичной радиолокации. ХВУ.— 1996. Рукопись деп. в УкрИНТЭИ № 350-196 от 25.12.96.

Поступила в редколлегию 19.11.97

Обод Иван Иванович, старший научный сотрудник, канд. техн. наук, докторант кафедры № 34 ХВУ. Научные интересы: получение и обработка информации в синхронных сетях разнесенных систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310166, Украина, Харьков, ул. Коломенская, 27, кв.1.