

МОДЕЛЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ИМИТИРУЮЩЕЙ И МАСКИРУЮЩЕЙ ПОМЕХИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РЛС СОПРОВОЖДЕНИЯ

Чигирь И. В., Кузьмичев Н. К., Горшков С. А.

Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройств, УО «Военная академия Республики Беларусь»
Минск, Республика Беларусь

E-mail: ivan.chigir.a@gmail.com, chigirivan@bsuir.by

Разработана математическая модель комбинированной уводящей по дальности и/или скорости и маскирующей помехи, предназначенной для подавления следящих систем импульсных и импульсно-доплеровских радиолокационных станций точного измерения координат

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективным способом подавления импульсно-доплеровских РЛС точного измерения координат (ИД РЛС ТИК) является применение комбинированных имитирующих и маскирующих помех (КИМ-помех) [1-3]. Судить об эффективности помех лучше всего по результатам имитационного моделирования, таким путем удается получить конкретные данные о вероятностях срыва, захвата, перенацеливания РЛС, функционирующей в конфликте со средствами РЭП [2]. Целью работы является разработка математической модели КИМ-помехи в интересах дальнейшего исследования методов защиты от таких помех в РЛС ТИК.

I. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИМ-ПОМЕХИ

КИМ-помеха представляет собой аддитивную смесь уводящей помехи (УП) и шумового колебания [2]. Поэтому, алгоритм формирования математической модели КИМ-помехи следующий: 1) формирование модели многократной УП по дальности и/или скорости; 2) формирование модели маскирующей помехи (МП); 3) формирование аддитивной смеси с необходимым энергетическим соотношением УП и МП.

Модель многократной уводящей помехи. Модель многократной (однократной) УП аналогична модели отраженного сигнала (ОС) от воздушной цели (ВЦ), в комплексном законе модуляции (ЗМ) которого по определенному закону изменяется соответствующий параметр. Изменение в комплексном ЗМ времени запаздывания или частоты характерно ускорению ВЦ. Таким образом, математическая модель УП по дальности и скорости должна повторять модель ОС от ВЦ движущейся с ускорением.

Наличие сложной временной зависимости в функции запаздывания $\Delta t_r(t)$ ОС приводит к трансформации его структуры. Искажениями амплитудной модуляции ОС можно пренебречь, что обусловлено маленькими радиальными скоростями ВЦ [3]. Искажения фазовой модуляции требуется учитывать, когда изменение частоты ОС за время когерентного накопления соизме-

римо с элементом разрешения по частоте или превышает его размеры [2], это характерно для ИД РЛС ТИК. При формировании УП каналу дальности производится управление сдвигами по времени, а каналу скорости – по частоте в соответствии с навязываемым ускорением a_{up} . Возможность формирования нескольких программ увода с разными ускорениями и направлениями действия УП учитывается в модели индексом g из всего количества G УП. Индексом k в комплексном ЗМ одиночного сигнала учитывается возможность переменного периода или вида модуляции. Математическая модель многократной УП представлено выражением (1),

$$\xi_{up}(t) = \sum_{g=1}^G M_{up}(t) e^{j[(w_0 - \Omega_d)t + \frac{2\pi}{\lambda} a_{up}(t-t_0)t^2]} \times \sum_{k=0}^{L-1} U_{0k} \left(t - kT_{pk} - \left[\frac{2r_t(t)}{c} - \frac{a_{up}(t-t_0)t^2}{c} \right] \right) \quad (1)$$

где $M_{up}(t)$ – комплексная огибающая УП, t_0 – время начала увода; w_0 – круговая средняя несущая частота зондирующего сигнала, c – скорость света, U_0 – комплексный ЗМ зондирующего сигнала (ЗС), $r_t(t)$ – закон изменения наклонной дальности ВЦ, T_p – период повторения, Ω_d – частота Доплера, λ – длина волны. Оно повторяет предложенную в [3] модель УП, но имитирующий сдвиг по времени запаздывания представлен величиной навязываемого ускорения. Математическая модель УП по дальности или скорости будет являться частным случаем (1).

Модель ответной шумовой помехи. Шумовые помехи (ШП) универсальны, они могут применяться для подавления РЛС любого типа. Для подавления ИД РЛС более рациональным является применение прерывистых помех. При формировании таких помех САП находится в ждущем режиме, излучая только в ответ на каждый обнаруженный импульс сигнала, при этом шумовой импульс больше длительности импульса сигнала $T_h > T_0$, ширина спектра помехи имеет тот же порядок величины, что и полоса пропускания приемника. Амплитудная и фазовая модуляции

видеошумами позволяет создать шумовое колебание с широким спектром и маскировать участок доплеровских частот с полосой Δf_h , составляющей 7...20 кГц, с центральной частотой изменяющейся в соответствии с частотой Доплера ВЦ. Помеховое колебание, таким образом, можно описать следующим выражением:

$$\xi_h(t) = M_h(t)e^{j(\omega_0 - \Omega_d)t} \sum_{k=0}^{L-1} \times U_0(t - kT_p - t_r(t)) \quad (2)$$

где $M_h(t)$ – комплексная огибающая маскирующей помехи, учитывающая амплитудную и фазовую модуляции видеошумами.

Математическая модель КИМ-помехи. Как было отмечено, математическая модель КИМ-помехи представляет собой аддитивную смесь уведящей (1) и маскирующей помех (2), таким образом итоговое выражение модели математической модели КИМ-помехи представлено выражением (3):

$$\xi_{КИМ}(t) = \xi_{уп}(t) + \xi_h(t) \quad (3)$$

II. РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью пакета программ «Моделирование обратного вторичного излучения радиолокационных целей» (программы BSS, Target editor, ProjectModelLA) было проведено математическое моделирование ОС от ВЦ для различных траекторий навязываемых координат. При моделировании полагалось: длина волны 3 см, частота повторения импульсов 20 кГц, длительность одиночного импульса – 1 мкс, общее время наблюдения составляет 5 секунд. Исследовались одиннадцать траекторий движения ВЦ (рисунок 1). При этом полагалось, что 1, 3 и 5 траектории соответствуют полету ВЦ (прямолинейное движение без изменения углов тангажа, рыскания и крена, без изменения работы силовой установки (СУ)), а траектории 2, 4, 5 - 11 УП по дальности и скорости. В качестве прототипа летательного аппарата выбран истребитель, при этом траекторные флуктуации отсутствуют. Начальные параметры ВЦ полагались одинаковыми: наклонная дальность – 30 км, высота – 3 км, азимут 355 град, скорость – 200 м/с, что соответствует частоте вращения вала силовой установки 65%. Все нечетные номера траекторий соответствуют ситуации без изменения режима работы СУ, четные – с изменением до 90%, при этом траектории 8 и 9 соответствуют манёвру в вертикальной плоскости, 10 и 11 – в горизонтальной.

Проанализирован характер изменения параметров комплексного ЗМ, результаты представлены на рисунке 2 в виде зависимостей изменения наклонной дальности и радиальной скорости за время моделирования.

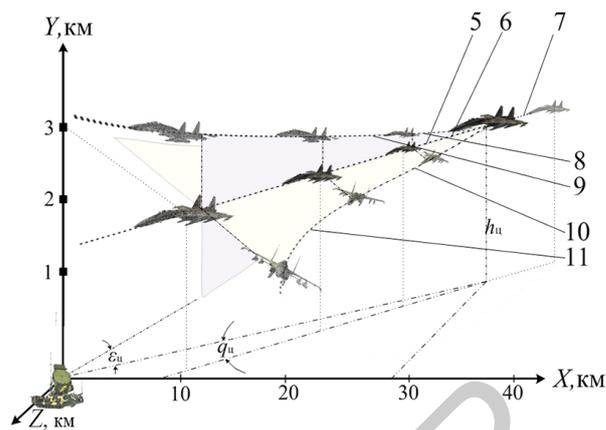


Рис. 1 – Траектории полета ВЦ

Такие зависимости представлены для траекторий 1,2 5,7,10, для остальных траекторий характер различия параметров ВЦ и УП менее яркий.

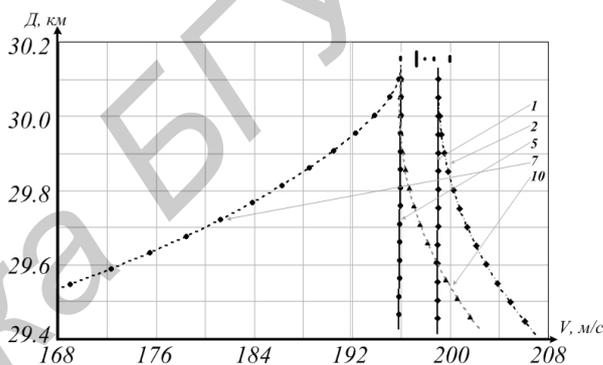


Рис. 2 – Изменение дальности и радиальной скорости в течении времени наблюдения

Для ИД РЛС, где разрешающая способность по частоте составляет менее одного килогерца, частотные отличия между УП и ОС можно наблюдать раньше, чем это происходит во временной области (рисунок 2). Пороговое значение потребного отношения сигнал-шум приемного устройства сопровождения ВЦ РЛС ТИК составляет 7...8 единиц, что определяет минимальную мощность маскирующих шумов.

III. Выводы

Разработана математическая модель КИМ-помехи для РЛС ТИК, в которой учтены: временная корреляция случайных отсчетов; изменение времени запаздывания и угловая модуляция помехи. В отличие от модели, предложенной в [3], учтено действие МП. Использование предлагаемой математической модели КИМ-помехи способствует разработке эффективных способов противодействия уведящим по скорости, дальности и комбинированным помех.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита радиолокационных систем от помех. / Под ред. А. И. Канащенкова и В. И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с.
2. Куприянов А. И., Радиоэлектронная борьба /А. И. Куприянов. – М: Вузовская книга, 2013. – 360 с.
3. Гейстер С.Р., Адаптивное обнаружение - распознавание с селекцией помех по спектральным портретам – Минск, ВА РБ, 2000 – 172 с.