

ОБНАРУЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ В LPI РЛС НА ФОНЕ ОТВЕТНЫХ И НЕСИНХРОННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

С.Ю. СЕДЫШЕВ, С.А. ГОРШКОВ, М.Н. ВОРОНЦОВ

Построение LPI РЛС с шумоподобными квазиортогональными зондирующими сигналами – одно из перспективных направлений развития теории и практики построения современных радиолокационных систем. В данной статье представлены результаты оценки возможности РЛС с квазишумовыми сигналами по обнаружению целей при воздействии импульсных помех. Предложен потенциальный коэффициент подавления импульсных помех для радара, использующего в качестве зондирующего сигнала набор взаимно ортогональных законов модуляции на основе сложных последовательностей.

Ключевые слова: ответно-импульсная помеха, шумоподобные сигналы, взаимная корреляционная функция, коэффициент подавления импульсных помех, квазиортогональные законы модуляции зондирующего сигнала, средний уровень боковых лепестков функции рассогласования.

ВВЕДЕНИЕ

Важный путь улучшения помехозащищенности и живучести радиолокаторов – снижение вероятности перехвата излучаемых ими сигналов. Радары с низкой вероятностью перехвата излучения называют Low Probability of Intercept Radar (LPI Radar). Для улучшения скрытности излучения в LPI радарах изменяют время-частотную структуру зондирующего сигнала (ЗС), приближая ее к шумовой. Шумовые сигналы правильнее называть шумоподобными сигналами (ШПС), так как, несмотря на наличие у них свойств случайных сигналов, формируются они на основе математических алгоритмов. Шумоподобные сигналы также называют псевдослучайными сигналами.

Многие теоретические и практические проблемы LPI радаров уже решены. В настоящее время изучены:

правила формирования когерентных последовательностей псевдослучайных сигналов [1, 2, 7, 8];

способы генерации мощных псевдошумовых ЗС [1, 2];

принципы сжатия псевдослучайных сигналов [14, 16];

принципы построения устройств внутрипериодной (ВПО) и междупериодной обработки (МПО) шумоподобных сигналов [13–17];

принципы расширения диапазона однозначного измерения радиальной скорости при сохранении диапазона однозначного определения дальности [15];

эффективность когерентной компенсации мешающих отражений при использовании ШПС [13].

До недавнего времени недостаточно исследованным оставался еще один важный вопрос LPI радиолокации – обнаружение целей на фоне ответных и несинхронных импульсных помех при использовании принципов расширения диапазона однозначного измерения радиальной скорости [3]. В этом случае закон модуляции

ШПС изменяется от зондирования к зондированию. Поэтому улучшение качества подавления импульсных помех при использовании в РЛС псевдошумовых взаимно ортогональных законов модуляции ЗС может быть достигнуто на этапе ВПО путем введения набора фильтров, имеющих импульсные характеристики, не согласованные с законами модуляции импульсных помех. В этом случае можно ожидать существенное ослабление сигнала импульсной помехи на выходе несогласованного с ней фильтра одиночного сигнала. Таким образом, поставить ответную помеху «вперед» известными способами становится невозможным. В статье приводятся результаты исследований, изложенные в работе [18].

1. ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для моделирования внутрипериодной обработки ШПС на фоне импульсных помех использовались следующие параметры РЛС обзора: длина волны зондирующего сигнала $\lambda = 0,23$ м, период повторения зондирующего сигнала $T_n = 0,2$ мс, время наблюдения $T_n = 10$ мс, длительность импульса $T_0 = 32$ мкс, условная вероятность ложных тревог $F = 10^{-6}$, число отсчетов дальности 2048, частотой Доплера сигнала $F_{dc} = 2.4$ кГц, число периодов повторения $N_n = 16$.

Оценка эффективности подавления импульсных помех в РЛС обзора проводилась на основе предложенной в [15, 17] структуры устройства обработки.

При несогласованной обработке импульсной помехи в устройстве ВПО потенциально достижимый коэффициент подавления определяется уровнем боковых остатков взаимной корреляционной функции ЗМ ЗС.

$$K_n \approx 1/v_{\text{бл}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{бл}}$ – средний уровень боковых лепестков функций рассогласования взаимно ортогональных ЗМ ЗС.

При ВПО наиболее сложной ответной импульсной помехи (ОИП) с учетом предложенной

структуры сигнала на основе кодов Голда [7] потенциальный коэффициент подавления помехи составляет $K_{\text{п}} \approx 1/10^{-2} = 20$ дБ (рис. 1).

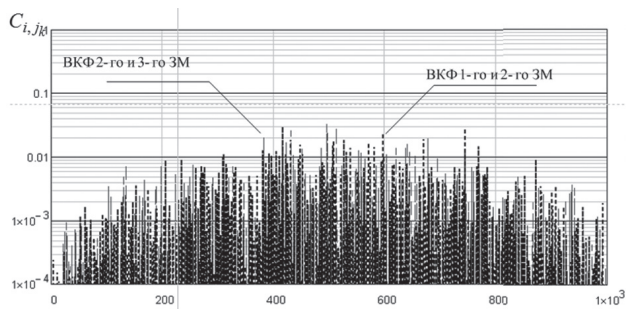


Рис. 1. Взаимная функция рассогласования ЗМ кодовых последовательностей Голда

Чаще всего отношение помеха/шум на входе устройства обработки значительно превышает отношение сигнал/шум, в результате чего подавления помехи в устройстве ВПО не достаточно для выделения полезного сигнала. В таком случае используют методы обработки сигналов на фоне негауссовских помех [9] – нелинейное преобразование входного сигнала путем его двухстороннего ограничения.

Таким образом, обработка принятого сигнала сводится к известной схеме [10, 11], представленной на рис. 2.

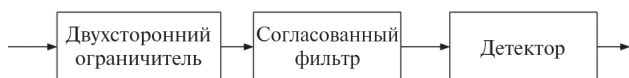


Рис. 2. Широкополосный усилитель – ограничитель – согласованный фильтр

Принятый сигнал и помеха усиливается на промежуточной частоте, а затем ограничиваются на уровне собственных шумов приемника. Далее сигнал обрабатывается в согласованном фильтре. Двухстороннее ограничение не разрушает фазовый закон модуляции ЗС, что обеспечивает сжатие принятого сигнала в согласованном фильтре.

Достоинством приведенной схемы является сильное ослабление импульсных помех, не согласованных с законом модуляции ЗС. Недостаток такой нелинейной обработки – потери в отношении сигнал/помеха при наличии пассивных помех.

Ниже представлены результаты прохождения сигнала и различных типов ответных импульсных помех через устройство обработки составного закона модуляции (рис. 1), полученные путем численного моделирования. В качестве ответных импульсных помех различных типов были рассмотрены [8]:

короткая импульсная помеха с простым законом модуляции;

импульсная помеха большой длительности типа «Смальта»;

ответная импульсная помеха с законом модуляции, излученным РЛС на предыдущем периоде повторения.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОРОТКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ

Как правило, длительность короткой преднамеренной импульсной помехи находится в пределах единиц микросекунд, при этом помеха значительно меньше по длительности импульса ЗС РЛС [11].

Пусть на РЛС воздействует импульсная помеха в виде мощного простого прямоугольного радиоимпульса длительностью 2 мкс.

В ходе моделирования помеха помещалась в 855–875 отсчеты дальности. Отраженный сигнал от цели с заданным значением отношения сигнал/шум (ОСШ) на входе устройства ВПО занимает 555–1065 отсчеты дальности. Пример сигнала на входе устройства обработки РЛС представлен на рис. 3. Для лучшего визуального восприятия размещения помехи и сигнала по отсчетам дальности шкала X_r не логарифмировалась и при этом умышленно приподнят сигнал над внутренними шумами (рис. 3).

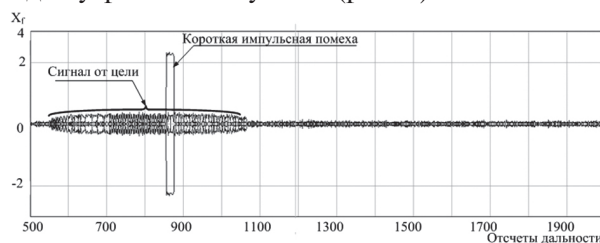
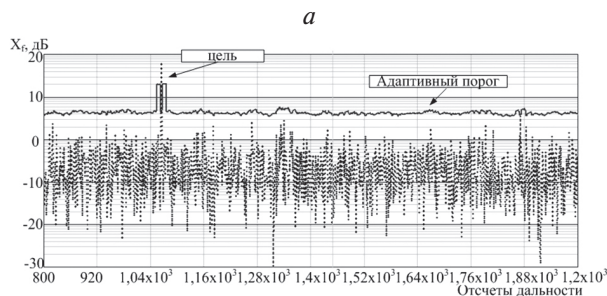
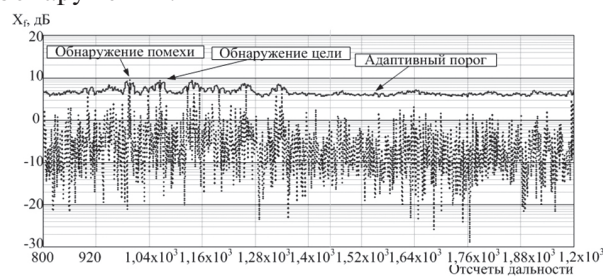


Рис. 3. Пример размещения короткой импульсной помехи и сигнала от цели по отсчетам дальности

Математическое моделирование обработки принятого сигнала проводилось для нескольких входных значений отношений сигнал/шум и отношений помеха/шум (ОПШ). На рис. 4 представлен сигнал с выхода устройства ВПО и уровень адаптивного порога принятия решения об обнаружении.



$a - \gamma_{\text{вх}} = -10$ дБ, $\gamma_{\text{п/ш}} = 25$ дБ;
 $b - \gamma_{\text{вх}} = -5$ дБ, $\gamma_{\text{п/ш}} = 22$ дБ;

Рис. 4. Сигнал на выходе устройства обработки для различных ОСШ и ОПШ

Результаты обработки принятого сигнала с выхода порогового устройства (ПУ) представлены на рис. 6. Решение об обнаружении получали с помощью критерийного устройства принятия решения (КУПР).

В КУПР последовательно анализировались пять периодов повторения. Решение о наличии цели A_1^* принимались при появлении не менее трех отметок в соседних периодах повторения.

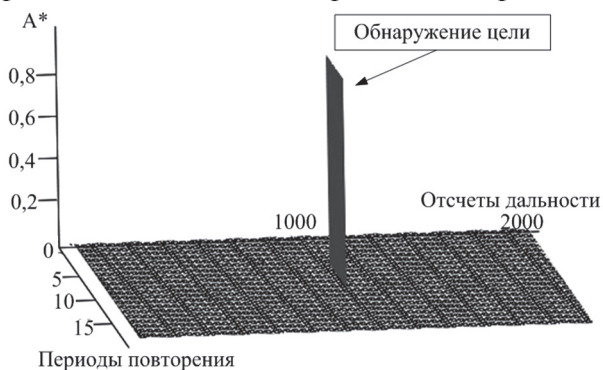


Рис. 5. Сигнал на выходе КУПР для ОСШ $\gamma_{вх} = -5$ дБ и ОПШ $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ

Математическое моделирование обнаружения цели на фоне короткой импульсной помехи для различных значений мощности сигнала и шума показало, что ещё при ОСШ $\gamma_{вх} = -10$ дБ и ОПШ $\gamma_{п/ш} = 25$ дБ обнаруживается и цель и помеха. Короткая импульсная помеха прекращает превышать порог обнаружения при увеличении ОСШ до уровня $\gamma_{вх} = -5$ дБ и уменьшения ОПШ до $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ.

3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ БОЛЬШОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Импульсные помехи большой длительности (типа «Смалта») характеризуются протяженностью, превышающей длительность одиночного импульса ЗС РЛС [11].

Пусть в принятом сигнале на входе устройства ВПО присутствует импульсная помеха большой длительности ($T_{пом} = 70$ мкс) (рис. 6). Помеха занимает 520–1220 отсчеты дальности. Отраженный сигнал от цели с заданным ОСШ на входе ВПО занимает 555–1065 отсчеты дальности.

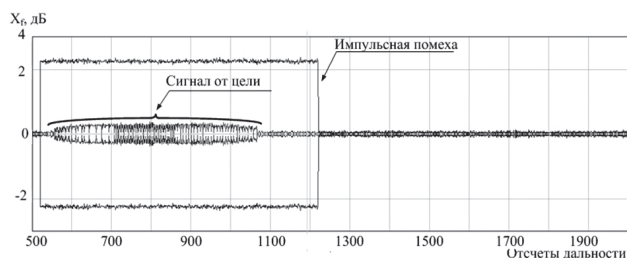
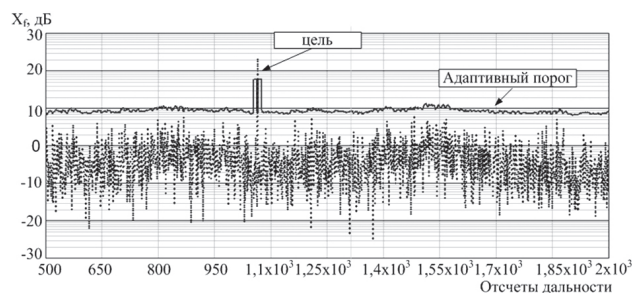
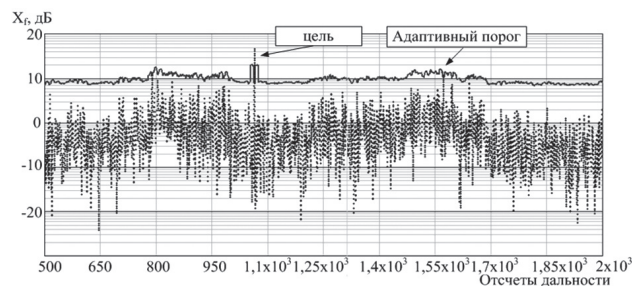


Рис. 6. Пример размещения помехи большой длительности и сигнала от цели по отсчетам дальности

На рис. 7 а, б представлены результаты обработки принятого сигнала на выходе устройства ВПО и уровень порога на входе устройства при-

нятия решения об обнаружении для различных значений входных ОСШ и ОПШ.



а – $\gamma_{вх} = -5$ дБ, $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ;
б – $\gamma_{вх} = 1$ дБ, $\gamma_{п/ш} = 20$ дБ

Рис. 7. Сигнал на выходе устройства обработки для различных ОСШ и ОПШ

Математическое моделирование процесса обнаружения цели на фоне импульсной помехи большой длительности показало, что до уровня ОСШ $\gamma_{вх} = -5$ дБ и ОПШ $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ обнаруживается и цель и помеха. Помеха прекращает обнаруживаться начиная с уровней ОСШ $\gamma_{вх} = 1$ дБ и ОПШ $\gamma_{п/ш} = 20$ дБ. Это объясняется тем, что протяженная помеха так же, как и короткая импульсная помеха, не сжимается на выходе устройства ВПО, однако воздействует на приемное устройство РЛС более длительное время, что приводит к проникновению большего количества энергии помехи в устройство обработки радиолокатора.

Таким образом, при воздействии протяженных помех нужно более внимательно подходить к выбору порога обнаружения, т. к. снижение последнего может привести к обнаружению помеховой составляющей в принятом сигнале.

4. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЛС ОТВЕТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ

Наиболее опасными для РЛС считаются импульсные помехи, которые получаются путем переизлучения ЗС РЛС. Период повторения таких помех совпадает с периодом повторения ЗС РЛС. Ответная импульсная помеха согласована с устройством ВПО в текущем периоде повторения РЛС. Однако с учетом предложенного в [13–15] составного квазиортогонального ЗС и структуры обработки принятого сигнала ответно-импульсная помеха является несогласованной для устройства ВПО РЛС.

Оценка подавления помехи и возможность обнаружения цели на фоне ОИП прово-

дилась в ходе математического моделирования для различных отношений сигнал, помеха/шум. Параметры моделирования: ответно-импульсная помеха с заданным ОПШ занимает 855–1365 отсчеты дальности; отраженный сигнал от цели с заданным ОСШ помещен в 555–1065 отсчетах дальности (рис. 8).

На рис. 9, а, б представлены результаты обработки принятого сигнала на выходе устройства обработки и уровень порога в устройстве принятия решения об обнаружении для различных значений входных значений ОСШ и ОПШ.

Так как ОИП не согласована с фильтрами ВПО РЛС, удается значительно снизить амплитуду помехи на выходе устройства ВПО радиолокатора. Благодаря подавлению ОИП на этапе ВПО удается произвести развязку между сигналом, отраженным от цели, и ОИП для отношений помеха/шум не более $\gamma_{п/ш} = 20$ дБ и отношений сигнал/шум не менее $\gamma_{вх} = 3$ дБ (рис. 9, б).

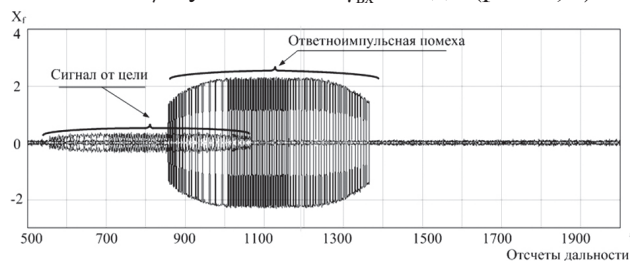


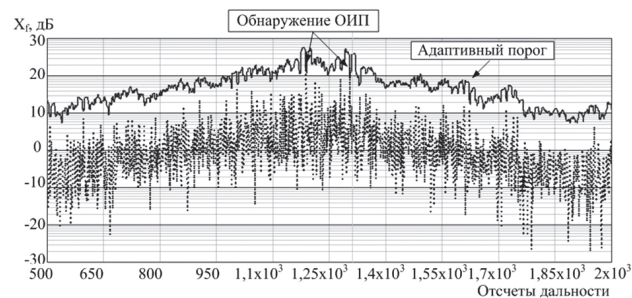
Рис. 8. Пример размещения ОИП и сигнала от цели по отсчетам дальности

Результаты моделирования (рис. 9) показывают, что при $\gamma_{вх} = 3$ дБ, $\gamma_{п/ш} = 20$ дБ происходит обнаружение цели, разрушенные в устройстве ВПО остатки ОИП, не превысили порог обнаружения. При таком входном значении сигнал/помеха применение схемы ШОС не целесообразно, т.к. ведет к дополнительной потере энергии полезного сигнала. Полученные результаты по подавлению ОИП на этапе ВПО (17÷20 дБ) подтвердили теоретические расчеты коэффициента подавления несинхронных импульсных помех $K_{п} \approx 1/v_{бл}$.

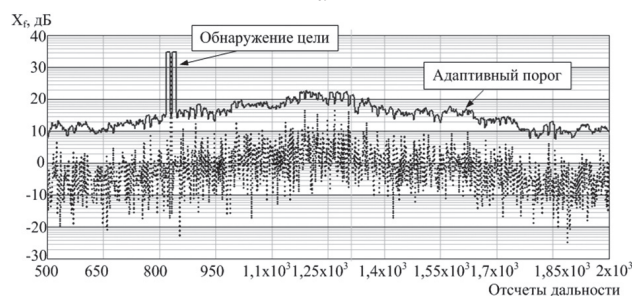
Результаты моделирования так же подтверждают необходимость введения схемы ШОС в том случае, когда энергетические различия между помехой и сигналом от цели существенны. Жесткое двухсторонне ограничение приводит к сильному ослаблению мощной помехи и не вносит искажения в фазовую структуру сложного полезного сигнала. При этом дальнейшая согласованная обработка выделяет сигнал над шумами. В модели установлено, что уже при $\gamma_{вх} = -15$ дБ, $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ цель наблюдается на заданном элементе дальности (рис. 10).

Несогласованная обработка ОИП приводит к «размыванию» остатков нескомпенсированной помехи по отсчетам дальности, тем самым повышается общий помеховый фон и число ложных срабатываний устройства обнаружения. Для борьбы с этим эффектом в устройстве принятия

решения применяется адаптивный к уровню шумов и остатков от компенсации помех порог обнаружения, который позволяет стабилизировать уровень ложных тревог.



а



б

$$а - \gamma_{вх} = 1 \text{ дБ}, \gamma_{п/ш} = 20 \text{ дБ};$$

$$б - \gamma_{вх} = 3 \text{ дБ}, \gamma_{п/ш} = 20 \text{ дБ}$$

Рис. 9. Сигнал на выходе устройства ВПО и уровень порога на входе ПУ для различных ОСШ и ОПШ

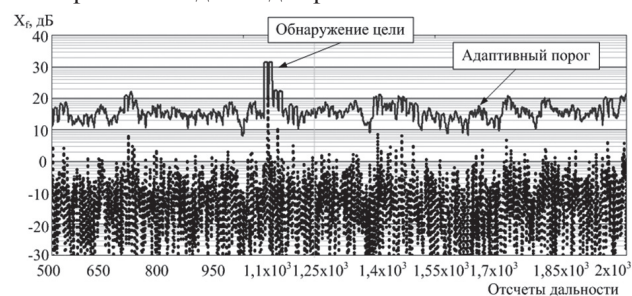


Рис. 10. Сигнал на выходе устройства обработки для $\gamma_{вх} = -15$ дБ, $\gamma_{п/ш} = 22$ дБ

ВЫВОДЫ

Анализ работы предложенного в [4, 5, 7] устройства обработки шумоподобного сигнала [3–5] показал возможность автоматического подавления импульсных помех различной длительности вследствие несогласованности частотной характеристики фильтра сжатия и закона модуляции помехи.

При рассмотрении трех типов помех (коротко-импульсная помеха, помеха большой длительности, ответно-импульсная помеха) видно, что наименьшее влияние на РЛС оказывает помеха малой длительности.

Рост длительности помехи приводит к проникновению большого количества ее энергии в устройство обработки, вследствие чего ухудшаются характеристики обнаружения РЛС, растет требуемое отношение сигнал/помеха, при котором обеспечиваются заданные показатели качества обнаружения.

Влияние ОИП на характеристики обнаружения РЛС похожи на влияние помехи большой длительности. Когда ОИП является копией ЗС, и ее закон модуляции согласован с фильтром ВПО РЛС, станция постановки помех для заданных ОСШ и ОПШ гарантированно формирует ложную целеподобную отметку.

Применение меняющихся от периода к периоду взаимно ортогональных законов модуляции зондирующих сигналов позволяет бороться с ответными помехами, в том числе затрудняется возможность постановки ОИП «вперед». Разведанный на предыдущем периоде повторения сигнал РЛС, будучи переизлученным постановщиком ОИП в текущем периоде повторения, не сжимается в устройстве внутрипериодной обработки РЛС, т. к. оказывается несогласованным с текущей частотной характеристикой фильтра сжатия.

Предложенное изменение структуры ВПО и введение набора взаимно ортогональных ЗМ ЗС [4, 7] позволяют давить несинхронные импульсные помехи. При этом потенциальный коэффициент подавления импульсной помехи определяется средним уровнем боковых лепестков функций рассогласования взаимно ортогональных законов модуляции зондирующего сигнала $K_{\text{п}} \approx 1/v_{\text{бп}}$. Для применяемой в модели квазиортогональной последовательности на основе кодов Голда уровень боковых остатков взаимно корреляционной функции составил 20 дБ. С целью повышения эффективности подавления импульсных помех на этапе ВПО с учетом предложенной структуры обработки целесообразно использовать КФМ взаимно-ортогональные законы модуляции с более низким уровнем боковых остатков взаимной функции рассогласования. В том случае, когда импульсная помеха по энергетике превышает возможности по подавлению устройство обработки составного закона модуляции, необходимо использовать способ двустороннего ограничения по схеме широкополосный усилитель – ограничитель – согласованный фильтр.

Полученные результаты по подавлению импульсных помех говорят о целесообразности применения зондирующего сигнала сложной структуры из набора взаимно ортогональных квазишумовых законов модуляции.

Литература

- [1] Pace P.E. Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar. – Boston-London, Artech House, 2004.
- [2] Richard G. Wiley., ELINT The Interception and Analysis of Radar Signals, Canton Street Norwood, MA Artech House, 2006. – 451 p.
- [3] Levanon, Nadav. Radar signals / Nadav Levanon, Eli Mozeson. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004. – 411 p.
- [4] Lukin K.A. Noise Radar Technology: the Principles and Short Overview. – Applied Radio electronics. – Kharkov: IASARE, 2005, No 1.
- [5] Gorshkov S.A., Sedyshev S.Yu., Vorontsov M.N. Analysis of the characteristics of random probing signals to solve the problem of target detection on the background clutter. 3rd International Conference Noise Radar Technology, NRT-2012. Yalta, Ukraine, September 27-29, 2012. – P. 68–69.
- [6] Борисов В.И. и др. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. – М.: Радио и связь, 2000. – 384 с.
- [7] Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами/ Л.Е. Варакин, М.: Сов. радио, 1985. – 380 с.
- [8] Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 400 с.
- [9] Котельников В.А. Сигналы с минимальной и максимальной вероятностями обнаружения/ В.А. Котельников, Радиотехника и электроника. – 1959. – № 3. – С. 354–358.
- [10] Охрименко А.Е. Основы радиолокации и радиолокационная борьба/ А.Е. Охрименко. – М.: «Военное издательство МО» Ч1, 1983. – 285 с.
- [11] Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е./ Ширман Я.Д., Горшков С.А., Леховицкий Д.И., Маляренко С.А., Лещенко С.П., Орленко В.М. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
- [12] Ткаченко В.П. Комплексное решение проблемы обнаружения, опознавания, распознавания целей, помехозащищенности и живучести радиолокационного вооружения на основе синтеза шумоподобных сигналов/ В.П. Ткаченко, СПб.: МВАА. 2008. – 206 с.
- [13] Sedyshev S.Y., Clutter compensation problem in the LPI radar, Прикладная радиоэлектроника/ S.Y. Sedyshev, S.A. Gorshkov, M.N. Vorontsov. – 2013. – Том 12. – № 3 – С. 133–136.
- [14] Седышев С.Ю., Воронцов М.Н. Расширение диапазона однозначного определения радиальной скорости в импульсно-доплеровских радиолокациях. Четвертый Международный радиоэлектронный форум МРФ-2011, ХНУРЭ, г. Харьков, Украина. 18–21 октября 2011 г.
- [15] Седышев С.Ю. Расширение интервала однозначного определения радиальной скорости в радиолокациях обзора при заданном интервале однозначной дальности/ С.Ю. Седышев, М.Н. Воронцов, Доклады БГУИР. – 2012. – № 6. – С. 76–81.
- [16] Ширман Я.Д., Орленко В.М. Широкополосная активная радиолокация с сигналами различной степени хаотичности/ Я.Д. Ширман, В.М. Орленко, Прикладная Радиоэлектроника. Харьков, том 8. – 2009. – № 4. – С. 426–443.
- [17] Устройство обработки сигнала с однозначным определением дальности и радиальной скорости: пат. 8233 Респ. Беларусь, МПК G01S 13/52/ С.А. Горшков, С.Ю. Седышев, М.Н. Воронцов; заявитель УО «ВАРБ» № u201110635; заявл. 11.08.08; опубл. 12.02.15//Афіцыйны бюл./Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – С. 4.
- [18] Седышев С.Ю. Разработка алгоритмов защиты от активных импульсных помех для РЛС со сложным законом модуляции зондирующего сигнала: отчет о НИР/ С.Ю. Седышев, М.Н. Воронцов, Д.А. Дмитренко // Воен. акад. Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – 107 с. – Рег. № от 07.06.2013.

Поступила в редколлегию 09.12.2014



Седышев Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент. В настоящее время профессор кафедры радиолокации и приема-передающих устройств учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь». Научные интересы: моделирование, обнаружение измерение и распознавание локационных сигналов.



Горшков Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент. В настоящее время начальник кафедры радиолокации и приема-передающих устройств учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь». Научные интересы: моделирование, обнаружение измерение и распознавание локационных сигналов.



Воронцов Михаил Николаевич, магистр технических наук. В настоящее время преподаватель кафедры тактики и вооружения радиотехнических войск учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь». Научные интересы: LPI РЛС (low probability of intercept), радиолокационные системы повышенной скрытности, повышение скрытности и живучести средств активной локации.

УДК 621.396.96

Виявлення цілей в LPI РЛС на тлі відповідних і несинхронних імпульсних завад / С.Ю. Седышев, С.А. Горшков, М.М. Воронцов // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2014. — Том 13. — № 4. — С. 380–385.

Побудова LPI РЛС з шумоподібним квазіортогональними зондувальними сигналами — один з перспективних напрямків розвитку теорії та практики побудови сучасних радіолокаційних систем. У даній статті наведено результати оцінки можливості РЛС з квазішумовими сигналами з виявлення цілей при впливі імпульсних завад. Запропоновано потенційний коефіцієнт заглушення імпульсних завад для радара, який використовує як зондуючий сигнал набір взаємно ортогональних законів модуляції на основі складних кодових послідовностей.

Ключові слова: відповідно імпульсна завада, шумоподібні сигнали, взаємно кореляційна функція, коефіцієнт заглушення імпульсних завад, квазіортогональні закони модуляції зондуючого сигналу, середній рівень бічних пелюсток функції неузгодженості.

Л.: 10. Бібліогр .: 18 найм.

UDC 621.396.96

Target detection in the LPI radar on the background of retaliatory and non-synchronous pulse interference / S.Yu. Sedishev, S.A. Gorshkov, M.N. Vorontsov // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. — 2014. — Vol. 13. — № 4. — P. 380–385.

Building a LPI radar with noise-like quasiorthogonal probing signals is one of the promising directions of development of the theory and practice of building modern radar systems. This paper presents the results of evaluating the potential of a radar with quasinoise signals to detect targets when exposed to impulse interference. A potential factor of suppressing impulse interference for a radar is suggested which uses a set of mutually orthogonal modulation laws as a probing signal on the basis of complex code sequences.

Keywords: retaliatory impulse interference, noise-like signals, cross-correlation function, coefficient of surge suppression, quasiorthogonal-laws of modulation of a probing signal, mismatch function average side-lobe level.

Fig.: 10. Ref.: 18 items.