



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016113470, 07.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.04.2016Дата регистрации:
21.06.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.04.2016

(45) Опубликовано: 21.06.2017 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

394005, г. Воронеж, Владимира Невского, 31А,
кв. 41, Лихачеву Владимиру Павловичу

(72) Автор(ы):

Купряшкин Иван Федорович (RU),
Лихачев Владимир Павлович (RU),
Селезнев Денис Анатольевич (RU),
Усов Николай Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество
"Научно-исследовательский институт
современных телекоммуникационных
технологий" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Радиолокационные системы
воздушной разведки, дешифрирование
радиолокационных изображений. Под ред.
ШКОЛЬНОГО Л.А., Москва, изд. ВВИА
им. проф. Н.Е.Жуковского, 2008, с.318-320.
RU 2577843 C1, 20.03.2016. RU 2373481 C1,
20.11.2009. RU 2493530 C1, 20.09.2013. WO
2011125060 A2, 13.10.2011. US 9037414
B1, 19.05.2015. US 5760327 A, 02.06.1998.(54) Способ искажения радиолокационного изображения в космической радиолокационной станции с
синтезированной апертурой антенны

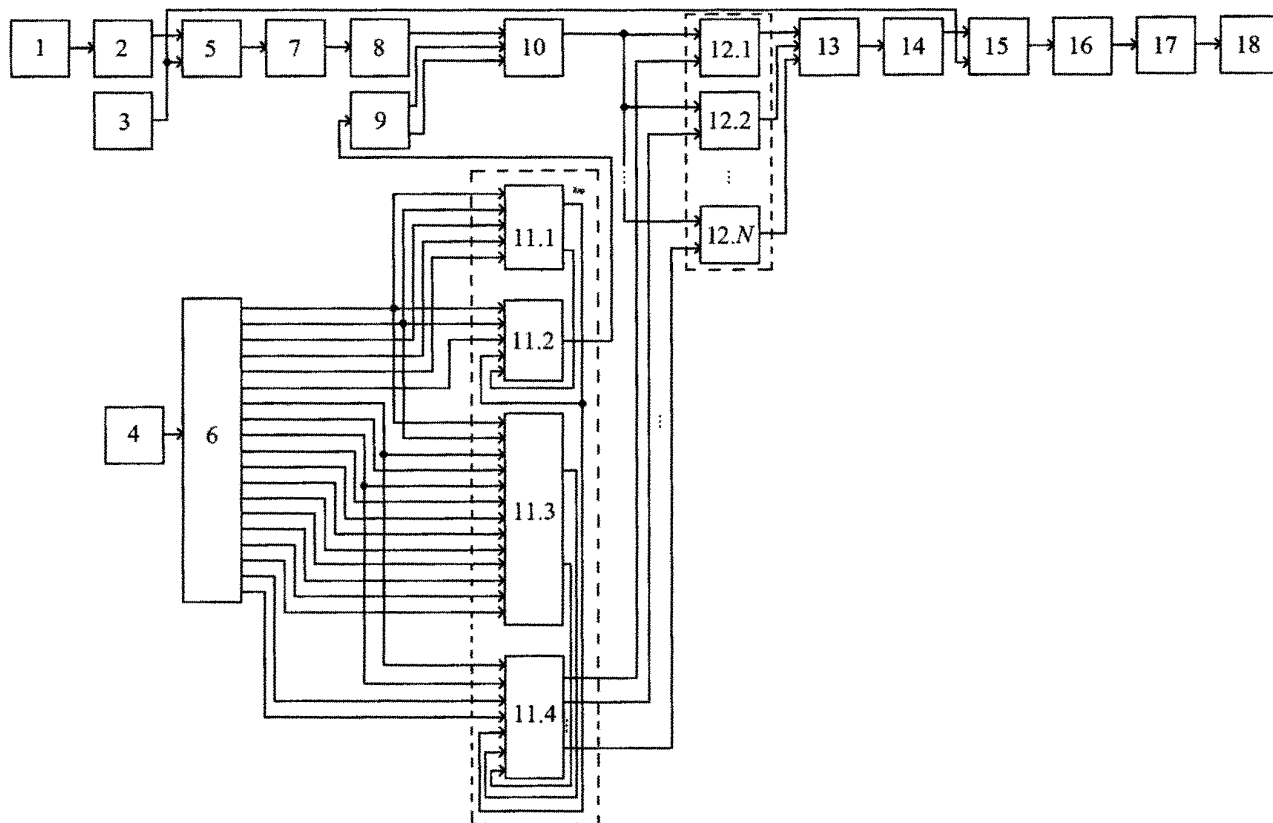
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способам и технике радиоэлектронного подавления космических радиолокационных станций с синтезированной апертурой антенны (РСА). Достижимый технический результат - снижение вероятности правильного обнаружения маскируемых объектов космическими РСА. Указанный результат достигается тем, что в способе искажения радиолокационного изображения в космической РСА, основанном на приеме ретранслятором зондирующих импульсов космической РСА $s_p(t)$, их усилении, переносе несущей частоты на промежуточную частоту, фильтрации, аналого-цифровом преобразовании с определенным интервалом дискретизации, записи полученной последовательности цифровых отсчетов, фильтрации и излучении ретранслируемых радиолокационных сигналов в направлении

космической РСА, задают размеры маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка, вектор геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки, вычисляют для каждого зондирования текущее расстояние между космической РСА и точкой на земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки, и расстояние между космической РСА и ретранслятором, формируют N реализаций функций быстрой и медленной фазовой модуляции, распределенных по гауссовским законам с нулевыми математическими ожиданиями, среднеквадратичными отклонениями и определенными интервалами корреляции, задают закон модуляции импульсов (модулирующую функцию) в виде последовательности цифровых

отсчетов, преобразуют последовательность сформированных цифровых отсчетов в аналоговый ретранслируемый импульс, переносят его частоту с промежуточной на несущую и усиливают до определенного уровня мощности. Сущность изобретения заключается в том, что используемые при формировании ретранслируемых радиолокационных сигналов

функции быстрой и медленной модуляции обеспечивают эффекты размытия ложной отметки по координате наклонной и путевой дальностей за счет внесения неопределенности в текущую фазу ретранслируемого сигнала и случайного дополнительного сдвига начальной фазы очередного импульса ретранслируемого сигнала соответственно. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016113470, 07.04.2016**(24) Effective date for property rights:
07.04.2016Registration date:
21.06.2017

Priority:

(22) Date of filing: **07.04.2016**(45) Date of publication: **21.06.2017** Bull. № 18

Mail address:

**394005, g. Voronezh, Vladimira Nevskogo, 31A, kv.
41, Likhachevu Vladimiru Pavlovichu**

(72) Inventor(s):

**Kupryashkin Ivan Fedorovich (RU),
Likhachev Vladimir Pavlovich (RU),
Seleznev Denis Anatolevich (RU),
Usov Nikolaj Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Nauchno-issledovatel'skij institut sovremennykh
telekommunikatsionnykh tekhnologij" (RU)**(54) **METHOD FOR DISTORTION OF RADAR IMAGE IN SPACE RADAR STATION WITH SYNTHETIC ANTENNA APERTURE**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to radio engineering, in particular, to methods and equipment for electronic jamming of radar stations with synthetic antenna aperture (SAR). Said result is achieved by the following: method of distortion of a radar image in SAR, based on receiving by the relay station probing pulses of space SAR $s_p(t)$, their amplification, transfer of carrier frequency to an intermediate frequency, filtration, analogue-to-digital conversion with a certain interval of sampling, recording the obtained sequence of digital readings, filtering and radiation of relayed radar signals in the direction of space SAR, followed by setting the dimensions of the masked elliptic area, for which is a false mark is formed, vector of geocentric coordinates of the point of the Earth's surface, corresponding to position of the center of the false marks, is calculated for each probing current distance between space SAR and point on the Earth's surface, corresponding to the position of the center of the false

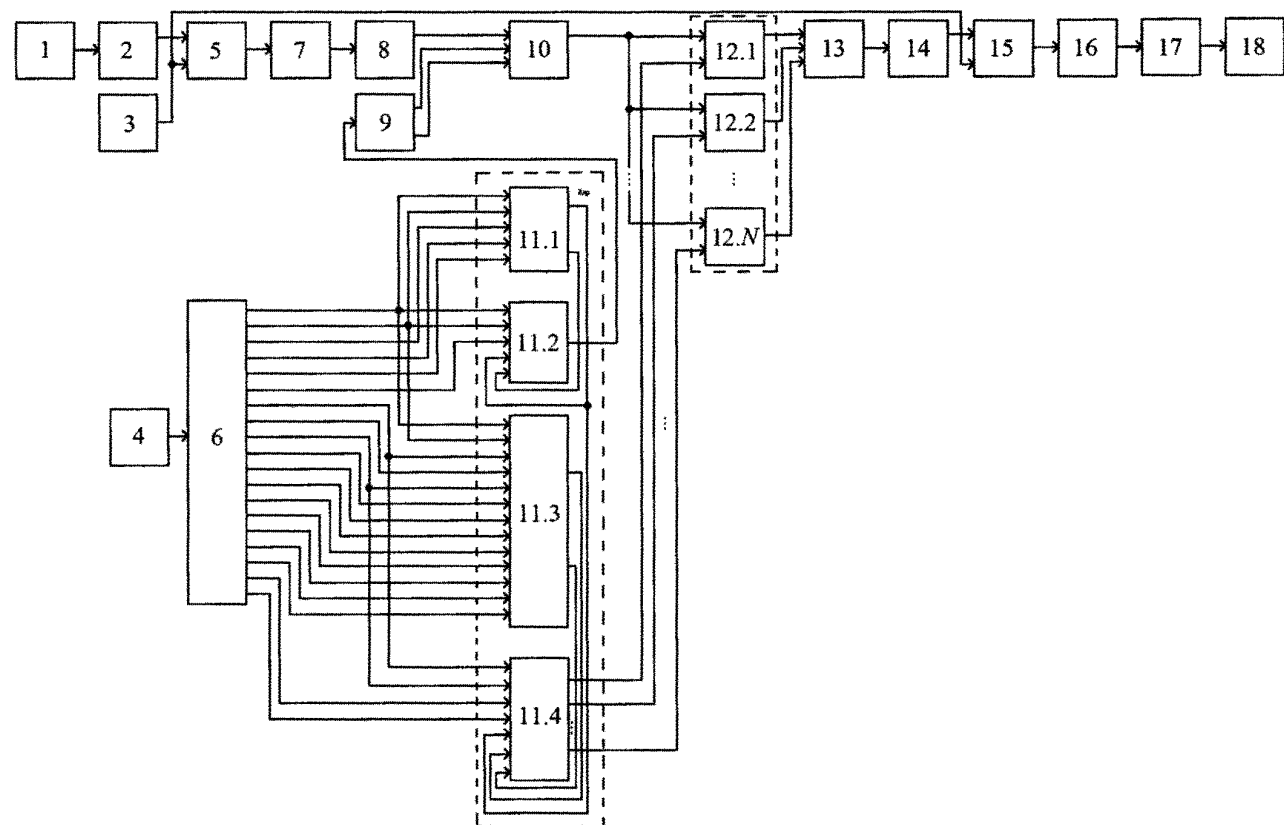
marks and the distance between space SAR and transponder, forming N realizations of functions of fast and slow phase modulation, distributed as per the Gaussian laws with zero mathematical expectation, mean-square deviations and certain correlation intervals, setting the law of pulse modulation (modulation function) in the form of a series of digital readings, converting the generated sequence of digital readings to analogue relayed pulse, transferring its frequency from intermediate to carrier and amplifying to a certain power level. Core of the invention is that the functions of fast and slow modulation used when forming relayed radar signal provide blur effects of the false mark with the respect to the coordinates of the inclined line and track distances by introducing uncertainty into the current phase of the retransmitted signal and random additional initial phase shift of the next additional retransmitted signal pulse respectively.

EFFECT: technical result is reduction of probability of correct detection masked objects by space SAR.

1 cl, 2 dwg

R U 2 6 2 2 9 0 4 C 1

R U 2 6 2 2 9 0 4 C 1



Фиг. 1

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способам и технике радиоэлектронного подавления космических радиолокационных станций с синтезированной апертурой антенны (РСА).

Известен способ искажения радиолокационного изображения в космической РСА, заключающийся в переотражении падающего на объект радиолокационного сигнала на рабочей частоте космической РСА в направлении, противоположном направлению падения, с помощью угловых отражателей [см., например, Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. - М.: Советское радио, 1968, с. 321-326; Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. - М.: Воениздат, 1989, с. 90-99] или линз Люнеберга [см., например, Теоретические основы радиолокации. / Под ред. Я.Д. Ширмана. - Учебное пособие для вузов. - М.: Советское радио, 1970, с. 80-81].

Однако данный способ эффективно работает лишь в относительно узком секторе углов падения зондирующего сигнала космической РСА и обеспечивает формирование только одиночных отметок ложных целей на радиолокационном изображении (РЛИ). Отсюда следует, что при маскировании заданного объекта (формирования в дополнение к истинной такого количества ложных отметок радиолокационных целей, которое обеспечило бы вероятность правильного обнаружения $P_{\text{по}}$ маскируемого объекта не выше требуемой $P_{\text{потр}}$), наличие конечного числа Q угловых отражателей или линз

Люнеберга ограничивает $P_{\text{по}}$ величиной $\frac{1}{Q}$, не обязательно меньшей или равной $P_{\text{потр}}$.

Известен также способ искажения радиолокационного изображения, заключающийся в приеме, усилении и переизлучении радиолокационного сигнала в направлении космической РСА с сохранением его когерентности калибровочным транспондером [см., например, Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрирование радиолокационных изображений. / Под ред. Л.А. Школьного. - М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008, с. 318-320].

Недостатком рассматриваемого способа является то, что он позволяет получить лишь одиночную отметку цели на РЛИ, формируемом космической РСА. При этом ограниченного количества калибровочных транспондеров также может оказаться недостаточно для маскировки изображений реальных объектов, линейные размеры которых превышают соответствующие элементы разрешения космической РСА.

Наиболее близким по сущности и достигаемому результату (прототипом) к заявляемому способу искажения радиолокационного изображения в космической РСА является способ [см., например, Радиоэлектронная борьба. Цифровое запоминание и воспроизведение радиосигналов и электромагнитных волн. / Под ред. А.И. Куприянова. - М.: Вузовская книга, 2009, с. 221-274], основанный на приеме ретранслятором зондирующих импульсов космической РСА $s_p(t)$, где $p = \overline{1, P}$; $P = T_s / T_{\text{и}}$; T_s и $T_{\text{и}}$ - временной интервал синтеза апертуры антенны и период следования зондирующих импульсов соответственно; t - текущее время, их усилении, переносе несущей частоты импульсов f_0 на промежуточную частоту $f_{\text{пч}}$, фильтрации, аналого-цифровом преобразовании с интервалом дискретизации $\delta\tau$, записи полученной

последовательности цифровых отсчетов $s_{pi} = s_p((i-1)\delta\tau)$, где $i = \overline{1, N_{\text{отсч}}}$; $N_{\text{отсч}} = \frac{\tau_{\text{и}}}{\delta\tau}$ - количество цифровых отсчетов p -го зондирующего импульса; $\tau_{\text{и}}$ - длительность импульса, считывании отсчетов s_{pi} , их цифроаналоговом преобразовании, переносе

восстановленного таким образом сигнала с промежуточной частоты $f_{пч}$ на несущую частоту f_0 , фильтрации, амплитудно-фазовой модуляции импульсов в интересах изменения времени задержки от импульса к импульсу для уводящих по дальности помех или изменения значения доплеровского сдвига частоты от импульса к импульсу для уводящих по скорости помех, усилении полученных радиолокационных сигналов и их излучении в направлении космической РСА.

Недостатками прототипа являются излучение в ответ на каждый зондирующий импульс космической РСА только одного ретранслированного импульса (одна отметка ложной цели на РЛИ) и отсутствие учета в законе амплитудно-фазовой модуляции изменения текущего расстояния между космической РСА и имитируемым объектом.

Технический результат изобретения выражается в снижении вероятности правильного обнаружения маскируемых объектов космическими РСА.

Технический результат достигается тем, что в известном способе искажения радиолокационного изображения в космической РСА, основанном на приеме ретранслятором зондирующих импульсов космической РСА $s_p(t)$, их усилении, переносе несущей частоты f_0 на промежуточную частоту $f_{пч}$, фильтрации, аналого-цифровом преобразовании с интервалом дискретизации $\delta\tau$, записи полученной последовательности цифровых отсчетов $s_{pi}=s_p((i-1)\delta\tau)$, фильтрации и излучении ретранслируемых радиолокационных сигналов в направлении космической РСА, дополнительно задают размеры маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка (полуоси эллипса ΔR и ΔL), вектор геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $x_L=[x_L, y_L, z_L]$, вычисляют для каждого p -го зондирования текущее расстояние между космической РСА и точкой на земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $R_{лр}$, и расстояние между космической РСА и ретранслятором $R_{гp}$, формируют N реализаций функций быстрой $\phi_{гн}(t)$ и медленной $\phi_{лн}(t)$ фазовой модуляции, распределенных по гауссовским законам с нулевыми математическими ожиданиями $m_l=m_r=0$, среднеквадратичными отклонениями $\sigma_l=\sigma_r=\pi$ и интервалами корреляции

$$\tau_l = \frac{\pi T_s \Delta l}{\sqrt{2\Delta L}}, \quad \tau_r = \frac{\pi \tau_n \Delta r}{\sqrt{2\Delta R}}, \quad \text{где } n = \overline{1, N}; \Delta l \text{ и } \Delta r - \text{ разрешающие способности КРСА по}$$

путевой и наклонной дальностям, в виде $\phi_{гнi}=\phi_{гн}((i-1)\delta\tau)$ и $\phi_{лнp}=\phi_{лн}((p-1)T_n)$ соответственно, задают закон модуляции импульсов (модулирующую функцию) в виде последовательности цифровых отсчетов

$$M_{pin} = \exp \left\{ -j \left[-b_n t_{3p} (i-1) \delta\tau + \frac{4\pi}{\lambda} R_{лp} + \varphi_{гнi} + \varphi_{лнp} \right] \right\}, \quad \text{где } j = \sqrt{-1} - \text{ мнимая}$$

единица; b_n - скорость линейного изменения частоты в пределах зондирующего импульса;

$$t_{3p} = \frac{2}{c} (R_{лp} - R_{гp}) - \tau_{обр} - \text{ длительность временной задержки в ретрансляторе; } c =$$

$3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в свободном пространстве; $\tau_{обр}$ - длительность процесса обработки зондирующего импульса РСА в ретрансляторе; λ - длина волны зондирующего сигнала космической РСА, считают i -й отсчет p -го зондирующего импульса s_{pi} через интервал времени $\tau_{обр}$, формируют N произведений $s_{pi} M_{pin}$, суммируют

по n полученные произведения, преобразуют последовательность цифровых отсчетов

произведений $\sum_{n=1}^N s_{pi} M_{pin}$ в аналоговый ретранслируемый импульс, переносят его

5 частоту с промежуточной $f_{пч}$ на несущую f_0 и усиливают до уровня мощности

$$P_p = \frac{P_{pca} G_{pca} G \lambda^2}{(4\pi R_0)^2} f^2(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p) a^2 K_r, \text{ где } P_{pca} - \text{мощность излучаемого космической}$$

10 РСА зондирующего импульса; G_{pca} и G - коэффициенты усиления приемопередающих антенн космической РСА и ретранслятора соответственно; R_0 - расстояние между КРСА

и ретранслятором в середине интервала синтезирования; $f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)$ - нормированная

диаграмма направленности космической РСА по мощности; $\Delta\epsilon_p$ и $\Delta\beta_p$ - рассогласование

15 между осью диаграммы направленности антенны космической РСА и направлением на ретранслятор по углу места и азимуту соответственно; K_r - коэффициент передачи

ретранслятора, определяемый как отношение мощности зондирующего импульса космической РСА на входе его приемника к мощности импульса на выходе передатчика;

20 a - амплитуда комплексного коэффициента передачи системы обработки N -канального

ретранслятора, определяемая как $a = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)} \right)^2 \frac{A_{л}}{G_{pca} G \sqrt{P_{pca} K_r}}$; $A_{л}$ -

амплитуда отдельного комплексного ретранслированного импульса на входе системы

25 обработки КРСА, равная $A_{л} = \frac{\pi}{PN_{отсч}} \sqrt{\frac{\sigma_{\Phi}^2 \exp\left\{\frac{\pi}{4}\right\} T_s \tau_{и}}{q_{\Phi\Pi}^2 N_{\varphi} \tau_r \tau_l}}$; σ_{Φ}^2 и $q_{\Phi\Pi}$ - соответственно

30 дисперсия фона и отношение фон/помеха на РЛИ.

Сущность изобретения заключается в следующем. Радиолокационная станция с синтезированной апертурой антенны формирует отметки объектов на радиолокационном изображении за счет доплеровского сдвига частоты,

пропорционального отклонению азимута объекта относительно центра зоны обзора

35 в соответствующем элементе разрешения по дальности [см., например, Кондратенков

Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного

зондирования Земли: Учебное пособие для вузов. / Под ред. Г.С.Кондратенкова. – М.: Радиотехника, 2005, с. 135-159];

$$40 \quad f_d = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi(t)}{dt} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\left(\frac{4\pi}{\lambda} V t \cos(\theta_n + \theta)\right)}{dt} = \frac{2V}{\lambda} [\cos\theta_n \cos\theta - \sin\theta_n \sin\theta], \quad (1)$$

где $\varphi(t)$ - составляющая полной фазы $\Phi(t)$ принимаемого радиолокационного сигнала с несущей частотой f_0 , изменяющаяся во времени по квадратичному закону; t - текущее

45 время; V - скорость искусственного спутника Земли (носителя космической РСА); θ_n -

угол наблюдения, определяемый видом обзора пространства РСА; θ - угол,

соответствующий истинному азимутальному положению наблюдаемого объекта относительно центра зоны обзора космической РСА.

Если РСА используется в режиме бокового обзора пространства $\left(\theta_{\text{н}} = \frac{\pi}{2}\right)$, то выражение доплеровского сдвига частоты примет вид:

$$f_{\text{д}} = \frac{2V}{\lambda} \left[\cos \frac{\pi}{2} \cos \theta - \sin \frac{\pi}{2} \sin \theta \right] = -\frac{2V}{\lambda} \sin \theta. \quad (2)$$

Далее, полагая угол θ малым (таким, что $\sin \theta \approx \theta$), формула (2) может быть переписана в окончательном виде

$$f_{\text{д}} = -\frac{2V}{\lambda} \theta. \quad (3)$$

Тогда преднамеренное изменение доплеровского сдвига частоты путем модуляции зондирующего импульса и ретрансляция полученного импульса в направлении космической РСА позволит дополнительно сформировать ложную отметку на РЛИ с азимутом, отличающимся от азимута наблюдаемого объекта. Необходимый элемент разрешения по дальности может быть выбран путем изменения времени задержки ретранслируемого импульса относительно принятого зондирующего. Таким образом, излучение в направлении космической РСА M ретранслированных импульсов с различными значениями времени задержки и доплеровского сдвига частоты обеспечит формирование на РЛИ M ложных отметок целей.

Однако в реальных условиях всегда будут присутствовать ошибки позиционирования ложных отметок на РЛИ, обусловленные неточностями оценок расстояния до КРСА на каждом зондировании и параметров ЗС (в первую очередь периода следования импульсов). Снизить негативное влияние данного факта можно за счет формирования одной расфокусированной ложной отметки с большими характерными размерами ($S_{\text{ло}} \gg S_{\text{пр}}$, где $S_{\text{ло}}$ и $S_{\text{пр}}$ - площади, занимаемые на РЛИ ложной и истинной отметками радиолокационных целей соответственно). При этом ложная отметка должна иметь двумерное гауссовское распределение средней амплитуды, а ее центр требуется совместить с геометрическим центром отметки прикрываемого объекта (группы объектов).

Подобная ложная отметка создается за счет ретрансляции в направлении КРСА радиолокационного сигнала, фаза которого модулируется по специальному закону. Для этого полная фаза ретранслируемого сигнала наделяется двумя дополнительными составляющими - функциями быстрой $\phi_r(t)$ и медленной $\phi_l(t)$ фазовой модуляции.

Функция быстрой фазовой модуляции $\phi_r(t)$, обеспечивающая эффект размытия ложной отметки по координате наклонной дальности путем внесения неопределенности в текущую фазу ретранслируемого сигнала, является реализацией стационарного центрированного гауссовского случайного процесса со среднеквадратическим отклонением $\sigma_r \geq \pi$ и интервалом корреляции τ_r на временном отрезке, соответствующем периоду следования импульсов ЗС $T_{\text{п}}$.

Функция медленной фазовой модуляции $\phi_l(t)$, обеспечивающая эффект размытия ложной отметки по координате путевой дальности (азимуту) за счет случайного дополнительного сдвига начальной фазы очередного импульса ретранслируемого сигнала, также является реализацией стационарного центрированного гауссовского случайного процесса со среднеквадратическим отклонением $\sigma_l \geq \pi$, интервалом корреляции τ_l и с длительностью, соответствующей времени синтеза апертуры

антенны T_s .

С учетом изложенного, выражение для ретранслированного сигнала можно записать в виде

$$\dot{s}_{\text{ретр}}(t) = \sum_{p=1}^P \dot{M}(t - (p-1)T_n) \dot{s}(t - (p-1)T_n - t_{3p}), \quad (4)$$

где $\dot{s}(t)$ - принимаемый ретранслятором аналоговый сигнал КРСА;

$\dot{M}(t) = A_n \exp\{j(4\pi f_0 t + \varphi_r(t) + \varphi_l(t))\}$ - аналоговая модулирующая функция.

10 Когерентное накопление КРСА ретранслируемых радиолокационных сигналов возможно лишь в том случае, если реализации случайных функций $\varphi_r(t)$ и $\varphi_l(t)$ неизменны для каждого зондирования и каждого канала дальности соответственно. Вместе с тем, при когерентном накоплении сигнала (4) сформированная КРСА расфокусированная ложная отметка будет иметь характерную регулярную структуру. Это является демаскирующим признаком для средства ретрансляционных помех, устранение которого можно произвести путем формирования не отдельного, а некоторого количества N ретранслированных импульсов с одинаковым законом изменения временной задержки Δt_{lj} , но отличающихся реализацией случайных функций $\varphi_{rn}(t)$ и $\varphi_{ln}(t)$. Очевидно, 15 20 потребуется N каналов обработки, однако для приемлемого скрытия регулярной структуры РЛИ необходимое число каналов невелико и обычно составляет от 8 до 12. С учетом последнего соображения выражение для ретранслированного сигнала примет вид

$$\dot{s}_{\text{ретр}}(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \dot{M}_n(t - (p-1)T_n) \dot{s}(t - (p-1)T_n - t_{3p}), \quad (5)$$

где $\dot{M}_n(t)$ - аналоговая модулирующая функция n -го канала.

Учитывая, что для формирования на РЛИ космической РСА ложной отметки с заданными параметрами амплитуда отдельного комплексного ретранслированного импульса должна составлять

$$A_n = \frac{\pi}{PN_{\text{отсч}}} \sqrt{\frac{\sigma_{\Phi}^2 \exp\left\{\frac{\pi}{4}\right\} T_s \tau_n}{q_{\Phi\Pi}^2 N_{\Phi} \tau_r \tau_l}}, \quad (6)$$

каждый импульс, входящий в состав сигнала (5), перед излучением в направлении космической РСА необходимо усилить в ретрансляторе до уровня мощности, определяемого равенством

$$P_p = \frac{P_{\text{рса}} G_{\text{рса}} G \lambda^2}{(4\pi R_0)^2} f^2 (\Delta \varepsilon_p, \Delta \beta_p) a^2 K_r. \quad (7)$$

Кроме того, задержка, изменяемая ретранслятором пропорционально изменению расстояния

$$t_{3p} = \frac{2}{c} (R_{lp} - R_{rp}) - \tau_{\text{обр}}, \quad (8)$$

обеспечивает совмещение на РЛИ центра ложной отметки с центром отметки

маскируемого объекта.

Способ искажения радиолокационного изображения в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны может быть реализован с помощью устройства, структурная схема которого приведена на фиг. 1.

Схема состоит из приемной антенны 1, первого усилителя 2, опорного генератора 3, устройства ввода данных 4, первого смесителя 5, первого запоминающего устройства 6, первого фильтра 7, аналого-цифрового преобразователя 8, устройства управления 9, второго запоминающего устройства 10, блока вычислителей 11, включающего вычислитель расстояний $R_{гр}$ и $R_{лр}$ 11.1, вычислитель времени задержки $t_{зр}$ 11.2, вычислитель отсчетов функций быстрой и медленной фазовой модуляции 11.3, а также вычислитель отсчетов модулирующих функций M_{pin} 11.4, блока перемножителей 12, сумматора 13, цифроаналогового преобразователя 14, второго смесителя 15, второго фильтра 16, второго усилителя 17 и передающей антенны 18, соединенных, как показано на фиг. 1.

Приемная антенна 1 предназначена для выполнения операции преобразования падающих на нее электромагнитных волн ЗС космической РСА в связанные с линией передачи (фидером) электрические сигналы. Первый усилитель 2 обеспечивает усиление принимаемых зондирующих импульсов космической РСА до уровня, необходимого для работы первого смесителя 5. Опорный генератор 3 вырабатывает сигнал с частотой $f_{ог} = f_0 - f_{пч}$, требуемый для переноса частоты зондирующих импульсов космической РСА с несущей f_0 на промежуточную $f_{пч}$ и обратно. Устройство ввода данных 4

служит для осуществления ручного или автоматического ввода параметров, необходимых для вычисления отсчетов модулирующей функции M_{pi} (число каналов N , размеры маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка (полуоси эллипса ΔR и ΔL), вектор геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $x_{л}=[x_{л}, y_{л}, z_{л}]$, вектор геоцентрических координат космической РСА в момент p -го зондирования $x_p=[x_p, y_p, z_p]$, вектор геоцентрических координат ретранслятора $x_r=[x_r, y_r, z_r]$, параметры функционирования космической РСА - $T_s, T_u, \tau_u, \lambda, b_u, \Delta g$ и Δl , параметры функционирования ретранслятора - $\tau_r, \delta t$, параметры гауссовских распределений функций быстрой и медленной фазовой модуляции m_r, σ_r и m_l, σ_l). В первом смесителе

формируются сигналы суммарной и разностной частот $f_0 + (f_0 - f_{пч}) = 2f_0 - f_{пч}$ и $f_0 - (f_0 - f_{пч}) = f_{пч}$ соответственно. Первое запоминающее устройство 6 хранит в цифровом виде данные о всех введенных параметрах. В первом фильтре 7 выделяется сигнал разностной частоты $f_0 - (f_0 - f_{пч})$, соответствующей промежуточной частоте $f_{пч}$, с требуемой полосой частот $\Delta f_{1\phi}$. Аналого-цифровой преобразователь 8 необходим для преобразования p -го аналогового импульса, поступающего с выхода первого фильтра 7, в последовательность цифровых отсчетов s_{pi} с интервалом дискретизации δt . Устройство управления 9 предназначено для управления процессами записи и считывания цифровых отсчетов s_{pi} . Во втором запоминающем устройстве 10 хранятся в цифровом виде данные о всех отсчетах p -го зондирующего импульса s_{pi} . Блок вычислителей 11 необходим для реализации процедур вычисления закона модуляции

импульсов (модулирующей функции) в виде последовательности цифровых отсчетов

$$M_{pin} = \exp \left\{ -j \left[-b_{\text{н}} t_{3p} (i-1) \delta \tau + \frac{4\pi}{\lambda} R_{\text{л}p} + \varphi_{\text{r}ni} + \varphi_{\text{л}np} \right] \right\}. \quad (9)$$

Блок перемножителей 12 состоит из N перемножителей, в каждом из которых выполняет процедуру умножения i-го отсчета p-го зондирующего импульса и соответствующего отсчета модулирующей функции, т.е. $s_{pi} M_{pin}$.

Сумматор 13 служит для формирования цифрового сигнала, представляющего собой

сумму всех сигналов с N выходов блока перемножителей 12, т.е. $\sum_{n=1}^N s_{pi} M_{pin}$.

Цифроаналоговый преобразователь 14 восстанавливает аналоговый сигнал, представляющий собой ретранслируемый импульс, по его цифровым отсчетам

$\sum_{n=1}^N s_{pi} M_{pin}$. Во втором смесителе 15 формируются сигналы суммарной и разностной

частот $f_{\text{пч}} + (f_0 - f_{\text{пч}}) = f_0$ и $f_{\text{пч}} - (f_0 - f_{\text{пч}}) = 2f_{\text{пч}} - f_0$ соответственно. Второй

фильтр 16 выделяет сигнал суммарной частоты $f_{\text{пч}} + (f_0 - f_{\text{пч}})$, соответствующей

несущей частоте f_0 , с требуемой полосой частот $\Delta f_{2\phi}$. Второй усилитель 17

обеспечивает усиление ретранслируемых импульсов до необходимого уровня.

Передающая антенна 18 осуществляет преобразование связанных с линией передачи (фидером) электрических сигналов, поступающих с выхода второго усилителя 17, в

электромагнитные волны, свободно распространяющиеся в направлении космической

РСА. Схема работает следующим образом. Зондирующий импульс космической РСА на p-м зондировании $s_p(t)$ принимается приемной антенной 1, усиливается первым

усилителем 2 и подается на первый вход первого смесителя 5. На второй вход первого смесителя 5 поступает сигнал опорного генератора 3. В результате на выходе первого смесителя 5 формируются сигналы суммарной и разностной частот

$f_0 + (f_0 - f_{\text{пч}}) = 2f_0 - f_{\text{пч}}$ и $f_0 - (f_0 - f_{\text{пч}}) = f_{\text{пч}}$ соответственно. Далее разностный

сигнал промежуточной частоты $f_{\text{пч}}$ выделяется первым фильтром 7, имеющим полосу

пропускания $\Delta f_{1\phi}$, и подается на вход аналого-цифрового преобразователя 8, где

преобразуется в последовательность цифровых отсчетов s_{pi} с интервалом дискретизации $\delta\tau$, т.е. $s_{pi} = s_p((i-1)\delta\tau)$. Полученные цифровые отсчеты p-го зондирующего импульса s_{pi}

последовательно записываются во второе запоминающее устройство 10 по сигналу записи, поступающему на его второй вход с первого выхода устройства управления 9.

Через интервал времени, равный длительности задержки t_{3p} , на третий вход второго запоминающего устройства 10 со второго выхода устройства управления 9 подается сигнал считывания, в результате чего цифровые отсчеты s_{pi} последовательно

считываются и подаются на первые входы каждого перемножителя блока перемножителей 12. В первое запоминающее устройство 6 с помощью устройства ввода данных 4 заносятся данные о числе каналов N, размерах маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка (полуоси

эллипса ΔR и ΔL), векторе геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $x_L=[x_L, y_L, z_L]$, векторе геоцентрических координат космической РСА в момент p -го зондирования $x_p=[x_p, y_p, z_p]$, векторе геоцентрических координат ретранслятора $x_r=[x_r, y_r, z_r]$, параметрах функционирования космической РСА - $T_s, T_{и}, \tau_{и}, \lambda, b_{и}, \Delta r$ и Δl , параметрах функционирования ретранслятора - $\tau_r, \delta t$, параметрах гауссовских распределений функций быстрой и медленной фазовой модуляции m_r, σ_r и m_l, σ_l . При этом в первом запоминающем устройстве 6, имеющем девятнадцать информационных выходов, формируются сигналы, содержащие информацию: на первом и втором выходах - о временных интервалах T_s и $T_{и}$, на третьем, четвертом и пятом выходах - о векторах x_L, x_p и x_r соответственно, на шестом, седьмом, восьмом, девятом, десятом, одиннадцатом, двенадцатом, тринадцатом, четырнадцатом, пятнадцатом, шестнадцатом, семнадцатом, восемнадцатом и девятнадцатом выходах - о величинах $\tau_{обр}, N, \tau_{и}, \delta t, \Delta r, \Delta R, \Delta l, \Delta L, m_r, \sigma_r, m_l, \sigma_l, b_{и}$ и λ . В вычислителе расстояний R_{rp} и R_{lp} 11.1 при поступлении на его первый, второй, третий, четвертый и пятый входы сигналов с соответствующих информационных выходов первого запоминающего устройства 6 реализуется выполнение математических процедур

$$R_{rp} = \sqrt{(x_p - x_r)^2 + (y_p - y_r)^2 + (z_p - z_r)^2}, \quad (10)$$

$$R_{lp} = \sqrt{(x_p - x_L)^2 + (y_p - y_L)^2 + (z_p - z_L)^2}. \quad (11)$$

При этом цифровые сигналы, пропорциональные значениям R_{rp} и R_{lp} , формируются на первом и втором выходах вычислителя расстояний R_{rp} и R_{lp} 11.1 соответственно.

Вычислитель времени задержки $t_{зр}$ 11.2, при поступлении на его первый, второй и третий входы сигналов с первого, второго и шестого информационных выходов первого запоминающего устройства 6 соответственно, а на четвертый и пятый входы - сигналов с первого и второго выходов вычислителя расстояний R_{rp} и R_{lp} 11.1 соответственно, выполняет расчеты в соответствии с выражением (8). Выходной сигнал вычислителя времени задержки $t_{зр}$ 11.2, пропорциональный (8), подается на вход устройства управления 9.

Вычислитель отсчетов функций быстрой и медленной фазовой модуляции 11.3

рассчитывает интервалы корреляции $\tau_l = \frac{\pi T_s \Delta l}{\sqrt{2} \Delta L}, \tau_r = \frac{\pi \tau_{и} \Delta r}{\sqrt{2} \Delta R}$ и с учетом заданных

значений величин $m_r, \sigma_r, m_l, \sigma_l$ формирует на своих первом и втором информационных выходах NP отсчетов функции медленной фазовой модуляции $\phi_{lnp} = \phi_{ln}((p-1)T_{и})$ и $NN_{отсч}$ отсчетов функции быстрой фазовой модуляции $\phi_{rni} = \phi_{rn}((i-1)\delta t)$ соответственно.

Вычислитель отсчетов модулирующих функций M_{pin} 11.4 при поступлении на его первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой и седьмой входы сигналов соответственно с седьмого, девятого, восемнадцатого, девятнадцатого информационных выходов первого запоминающего устройства 6, первого выхода вычислителя расстояний R_{rp} и R_{lp} 11.1, первого и второго информационных выходов вычислителя отсчетов функций быстрой и медленной фазовой модуляции 11.3, реализует вычисления согласно (9), в результате чего на его n -м выходе формируется цифровой сигнал,

пропорциональный отсчету модулирующей функции M_{pin} . Далее отсчеты модулирующей функции M_{pin} подаются на вторые входы n -х перемножителей 12. n блока перемножителей 12, где перемножаются с сигнальным отсчетом s_{pi} , присутствующим на первых входах всех N перемножителей блока перемножителей 12. В результате на n -м выходе блока перемножителей 12 формируется цифровой сигнал, пропорциональный отсчету произведения $s_{pi}M_{pin}$. Цифровые сигналы $s_{pi}M_{pin}$ поступают на соответствующие входы

сумматора 13, котором на выходе формирует цифровой сигнал суммы $\sum_{n=1}^N s_{pi}M_{pin}$. В

цифроаналоговом преобразователе 14 из отсчетов $\sum_{n=1}^N s_{pi}M_{pin}$ восстанавливается

аналоговый сигнал, представляющий собой p -й ретранслируемый импульс. Этот импульс поступает на первый вход второго смесителя 15. Второй смеситель 15, на второй вход которого подается сигнал опорного генератора 3, формирует на своем выходе сигналы суммарной и разностной частот $f_{пч} + (f_0 - f_{пч}) = f_0$ и $f_{пч} - (f_0 - f_{пч}) = 2f_{пч} - f_0$ соответственно. Суммарный сигнал несущей частоты f_0 выделяется вторым фильтром

16, имеющим полосу пропускания $\Delta f_{2\phi}$, и подается на вход второго усилителя 17, где усиливается до необходимого уровня

$$P_p = \frac{P_{pca} G_{pca} G \lambda^2}{(4\pi R_0)^2} f^2 (\Delta \varepsilon_p, \Delta \beta_p) \alpha^2 K_r. \quad (12)$$

Сформированный таким образом ретранслируемый импульс с выхода второго усилителя 17 поступает на вход передающей антенны 18 для излучения в направлении космической РСА.

Об эффективности предлагаемого способа можно судить по фиг. 2. Снижение вероятности правильного обнаружения маскируемых объектов космическими РСА поясняется следующим образом.

Пусть космическая РСА формирует на радиолокационном изображении одну отметку истинной точечной цели. С помощью способа-прототипа на радиолокационном изображении, получаемом в космической РСА, обеспечивается формирование одной ложной отметки точечной цели за счет создания ретранслятором уводящих по дальности или по скорости помех. Простейший подход к определению вероятности правильного обнаружения одной истинной цели в рассматриваемом случае при площади истинной цели $S_{ц}$, равной площади ложной цели $S_{лц} = S_{лц}$ позволяет получить конкретную величину

указанной вероятности, равную $P_{по} = \frac{S_{ц}}{S_{ц} + S_{лц}} = \frac{S_{ц}}{2S_{ц}} = 0,500$ для прототипа. В

случае же реализации предлагаемого способа искажения радиолокационного изображения в космической РСА при $\Delta R = \Delta l = 3\Delta r = 3\Delta l$ получаем для одной истинной

точечной цели $P_{по}^* = \frac{S_{ц}}{S_{ц} + S_{лц}} = \frac{\Delta r \Delta l}{\Delta r \Delta l + \pi \Delta R^2} = \frac{\Delta r^2}{\Delta r^2 (1 + 9\pi)} = \frac{1}{1 + 9\pi} \approx 0,035$.

Таким образом, очевидно, что предложенный способ искажения радиолокационного изображения в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой

антенны позволяет снизить вероятность правильного обнаружения цели по сравнению с прототипом с 0,500 до 0,035.

Предлагаемое техническое решение является новым, поскольку из общедоступных сведений неизвестен способ искажения радиолокационного изображения в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны, отличающийся от известного способа, основанного на приеме ретранслятором зондирующих импульсов космической РСА $s_p(t)$, их усилении, переносе несущей частоты f_0 на промежуточную частоту $f_{пч}$, фильтрации, аналого-цифровом преобразовании с интервалом

дискретизации δt , записи полученной последовательности цифровых отсчетов $s_{pi}=s_p((i-1)\delta t)$, фильтрации и излучении ретранслируемых радиолокационных сигналов в направлении космической РСА тем, что дополнительно задают размеры маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка (полуоси эллипса ΔR и ΔL), вектор геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $x_L=[x_L, y_L, z_L]$, вычисляют для каждого p -го зондирования текущее расстояние между космической РСА и точкой на земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $R_{лр}$ и расстояние между космической РСА и ретранслятором R_{rp} , формируют N реализаций функций быстрой $\phi_{rn}(t)$ и медленной $\phi_{ln}(t)$ фазовой модуляции, распределенных по гауссовским законам с нулевыми математическими ожиданиями $m_l=m_r=0$, среднеквадратичными отклонениями $\sigma_l=\sigma_r=\pi$ и интервалами корреляции

$\tau_l = \frac{\pi T_s \Delta l}{\sqrt{2 \Delta L}}, \tau_r = \frac{\pi \tau_n \Delta r}{\sqrt{2 \Delta R}}$, где $n = \overline{1, N}$; Δl и Δr - разрешающие способности КРСА по поперечной и наклонной дальностям, в виде $\phi_{rni}=\phi_{rn}((i-1)\delta t)$ и $\phi_{lnp}=\phi_{ln}((p-1)T_n)$ соответственно, задают закон модуляции импульсов (модулирующую функцию) в виде последовательности цифровых отсчетов

$M_{pin} = \exp \left\{ -j \left[-b_n t_{3p}(i-1)\delta t + \frac{4\pi}{\lambda} R_{лр} + \phi_{rni} + \phi_{lnp} \right] \right\}$, где $j = \sqrt{-1}$ - мнимая единица; b_n - скорость линейного изменения частоты в пределах зондирующего импульса; $t_{3p} = \frac{2}{c}(R_{лр} - R_{rp}) - \tau_{обр}$ - длительность временной задержки в

ретрансляторе; $c=3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в свободном пространстве; $\tau_{обр}$ - длительность процесса обработки зондирующего импульса РСА в ретрансляторе; λ - длина волны зондирующего сигнала космической РСА, считают i -й отсчет p -го зондирующего импульса s_{pi} через интервал времени $\tau_{обр}$, формируют N произведений $s_{pi}M_{pin}$, суммируют по n полученные произведения, преобразуют последовательность

цифровых отсчетов произведений $\sum_{n=1}^N s_{pi}M_{pin}$ в аналоговый ретранслируемый импульс,

переносят его частоту с промежуточной $f_{пч}$ на несущую f_0 и усиливают до уровня

мощности $P_p = \frac{P_{рса} G_{рса} G \lambda^2}{(4\pi R_0)^2} f^2(\Delta \varepsilon_p, \Delta \beta_p) \alpha^2 K_r$, где $P_{рса}$ - мощность излучаемого

космической РСА зондирующего импульса; $G_{\text{рса}}$ и G - коэффициенты усиления приемопередающих антенн космической РСА и ретранслятора соответственно; R_0 - расстояние между КРСА и ретранслятором в середине интервала синтеза;

5 $f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)$ - нормированная диаграмма направленности космической РСА по мощности; $\Delta\epsilon_p$ и $\Delta\beta_p$ - рассогласование между осью диаграммы направленности антенны космической РСА и направлением на ретранслятор по углу места и азимуту соответственно; K_r - коэффициент передачи ретранслятора, определяемый как отношение
10 мощности зондирующего импульса космической РСА на входе его приемника к мощности импульса на выходе передатчика; a - амплитуда комплексного коэффициента передачи системы обработки N-канального ретранслятора, определяемая как

$$15 \quad a = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)} \right)^2 \frac{A_{\text{л}}}{G_{\text{рса}} G \sqrt{P_{\text{рса}} K_r}}; A_{\text{л}} - \text{амплитуда отдельного комплексного}$$

ретранслированного импульса на входе системы обработки КРСА, равная

$$20 \quad A_{\text{л}} = \frac{\pi}{PN_{\text{отсч}}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ф}}^2 \exp\left\{\frac{\pi}{4}\right\} T_s \tau_{\text{и}}}{q_{\text{фп}}^2 N_{\varphi} \tau_r \tau_l}}; \sigma_{\text{ф}}^2 \text{ и } q_{\text{фп}} - \text{соответственно дисперсия фона и}$$

отношение фон/помеха на РЛИ.

Предлагаемое техническое решение имеет изобретательский уровень, поскольку из
25 опубликованных научных данных и известных технических решений явным образом не следует, что способ искажения радиолокационного изображения в космической РСА позволяет снизить вероятность правильного обнаружения зондируемых объектов.

Предлагаемое техническое решение заявляемого способа искажения радиолокационного изображения в космической РСА промышленно применимо,
30 поскольку может быть реализовано на базе стандартных устройств - антенн [см., например, Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. - М.: Связь, 1972; Справочник по радиолокации. / Под ред. М. Скольника, Нью-Йорк, 1970: Пер. с англ. (в четырех томах). / Под общей ред. К. Н. Трофимова; Том 2. Радиолокационные антенные устройства. - М.: Сов. радио, 1979], устройств записи и воспроизведения сигналов [см., например, Радиоэлектронная борьба. Цифровое запоминание и
35 воспроизведение радиосигналов и электромагнитных волн. / Под ред. А.И. Куприянова. - М.: Вузовская книга, 2009, с. 221-274]. При этом из состава устройств записи и воспроизведения сигналов могут быть заимствованы конструкции, например, приемной и передающей антенн 1 и 18, первого и второго усилителей 2 и 17, опорного генератора 3, первого и второго смесителей 5 и 15, первого и второго фильтров 7 и 16, аналого-
40 цифрового преобразователя 8, устройства управления 9, второго запоминающего устройства 10 и цифроаналогового преобразователя 14.

Для реализации устройства ввода данных 4, первого запоминающего устройства 6, блока вычислителей, блока перемножителей 12 и сумматора 13 могут применяться
45 персональные компьютеры (ПК) [см., например, Симонович С.В. и др. Большая книга персонального компьютера. - М.: ОЛМА Медиа Групп, 2007]. При этом в качестве устройства ввода данных 4 можно использовать стандартную клавиатуру ПК и манипулятор типа «мышь» [см., например, Симонович С.В. и др. Большая книга персонального компьютера. - М.: ОЛМА Медиа Групп, 2007], а первое запоминающее

устройство 6, блок вычислителей 11, блок перемножителей 12 и сумматор 13 могут быть реализованы программно. Кроме того, первое запоминающее устройство 6 может быть выполнено также с помощью стандартных оперативных или постоянных запоминающих устройств [Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учеб. пособие для вузов. / Е.П. Угрюмов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005, с. 227-343], а блок перемножителей 12 - по схемам матричных умножителей [Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учеб. пособие для вузов. / Е.П. Угрюмов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005, с. 132-138].

(57) Формула изобретения

Способ искажения радиолокационного изображения в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны (РСА), заключающийся в приеме ретранслятором зондирующих импульсов космической РСА $s_p(t)$, где $p = \overline{1, P}$; $P = T_s / T_{и}$; T_s и $T_{и}$ - временной интервал синтезирования апертуры антенны и период следования зондирующих импульсов соответственно; t - текущее время, их усилении, переносе несущей частоты f_0 на промежуточную частоту $f_{пч}$, фильтрации, аналого-цифровом преобразовании с интервалом дискретизации $\delta\tau$, записи полученной последовательности цифровых отсчетов $s_{pi} = s_p((i-1)\delta\tau)$, фильтрации и излучении ретранслируемых радиолокационных сигналов в направлении космической РСА, отличающийся тем, что дополнительно задают размеры маскируемой области эллиптической формы, для которой будет сформирована ложная отметка (полуоси эллипса ΔR и ΔL), вектор геоцентрических координат точки земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $x_{л} = [x_{л}, y_{л}, z_{л}]$, вычисляют для каждого p -го зондирования текущее расстояние между космической РСА и точкой на земной поверхности, соответствующей положению центра ложной отметки $R_{лр}$, и расстояние между космической РСА и ретранслятором $R_{гп}$, формируют N реализаций функций быстрой $\varphi_{гп}(t)$ и медленной $\varphi_{лп}(t)$ фазовой модуляции, распределенных по гауссовским законам с нулевыми математическими ожиданиями $m_l = m_r = 0$,

среднеквадратичными отклонениями $\sigma_l = \sigma_r = \pi$ и интервалами корреляции $\tau_l = \frac{\pi T_s \Delta l}{\sqrt{2 \Delta L}}$,

$\tau_r = \frac{\pi \tau_{и} \Delta r}{\sqrt{2 \Delta R}}$, где $n = \overline{1, N}$; Δl и Δr - разрешающие способности КРСА по путевой и наклонной дальностям, в виде $\varphi_{гп i} = \varphi_{гп}((i-1)\delta\tau)$ и $\varphi_{лп p} = \varphi_{лп}((p-1)T_{и})$ соответственно, задают закон модуляции импульсов (модулирующую функцию) в виде последовательности цифровых отсчетов

$$M_{pin} = \exp \left\{ -j \left[-b_{и} t_{зp} (i-1) \delta\tau + \frac{4\pi}{\lambda} R_{лp} + \varphi_{гп i} + \varphi_{лп p} \right] \right\},$$

где $j = \sqrt{-1}$ - мнимая единица; $b_{и}$ - скорость линейного изменения частоты в пределах

зондирующего импульса; $t_{зp} = \frac{2}{c} (R_{лp} - R_{гп}) - \tau_{обp}$ - длительность временной задержки в ретрансляторе; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в свободном пространстве; $\tau_{обp}$ - длительность процесса обработки зондирующего импульса РСА в ретрансляторе; λ -

длина волны зондирующего сигнала космической РСА, считают i -й отсчет p -го зондирующего импульса s_{pi} через интервал времени $\tau_{обр}$, формируют N произведений $s_{pi}M_{pin}$, суммируют по n полученные произведения, преобразуют последовательность

5 цифровых отсчетов произведений $\sum_{n=1}^N s_{pi}M_{pin}$ в аналоговый ретранслируемый импульс,

переносят его частоту с промежуточной $f_{пч}$ на несущую f_0 и усиливают до уровня

10 мощности $P_p = \frac{P_{рса} G_{рса} G \lambda^2}{(4\pi R_0)^2} f^2(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p) a^2 K_r$, где $P_{рса}$ - мощность излучаемого

космической РСА зондирующего импульса; $G_{рса}$ и G - коэффициенты усиления приемопередающих антенн космической РСА и ретранслятора соответственно; R_0 -

15 синтезирования; $f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)$ - нормированная диаграмма направленности космической

РСА по мощности; $\Delta\epsilon_p$ и $\Delta\beta_p$ - рассогласование между осью диаграммы направленности антенны космической РСА и направлением на ретранслятор по углу места и азимуту соответственно; K_r - коэффициент передачи ретранслятора, определяемый как отношение

20 мощности зондирующего импульса космической РСА на входе его приемника к мощности импульса на выходе передатчика; a - амплитуда комплексного коэффициента передачи системы обработки N -канального ретранслятора, определяемая как

25 $a = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda f(\Delta\epsilon_p, \Delta\beta_p)} \right)^2 \frac{A_{л}}{G_{рса} G \sqrt{P_{рса} K_r}}$; $A_{л}$ - амплитуда отдельного комплексного

ретранслированного импульса на входе системы обработки космической РСА, равная

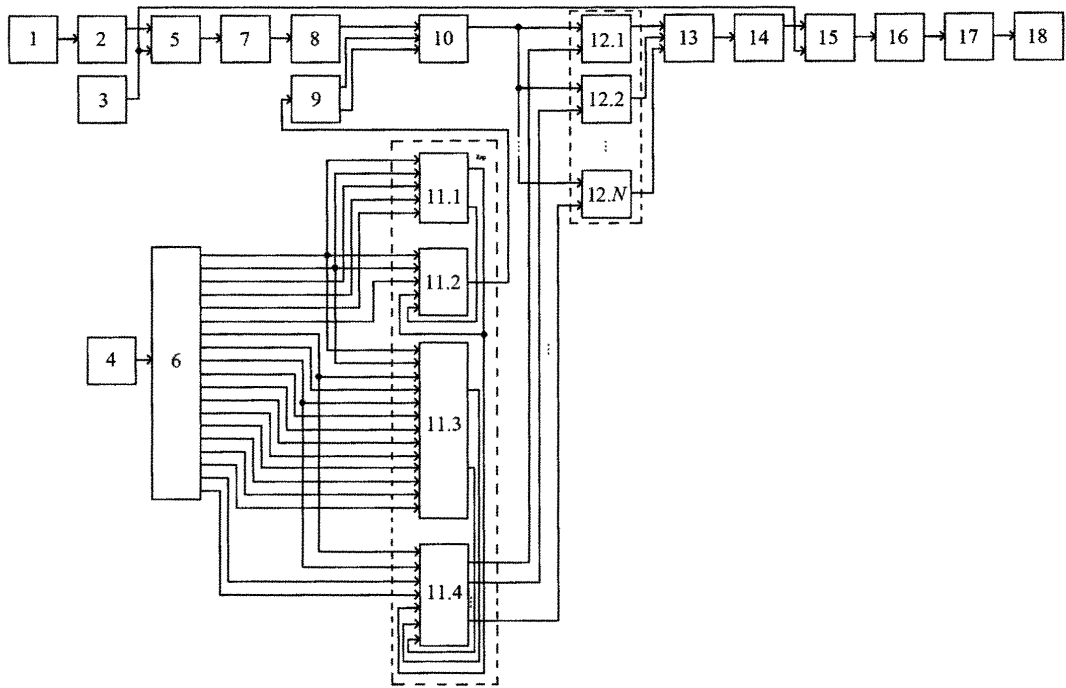
30 $A_{л} = \frac{\pi}{PN_{отсч}} \sqrt{\frac{\sigma_{\Phi}^2 \exp\left\{\frac{\pi}{4}\right\} T_s \tau_{и}}{q_{\Phi\Pi}^2 N_{\Phi} \tau_r \tau_l}}$; σ_{Φ}^2 и $q_{\Phi\Pi}$ - соответственно дисперсия фона и

отношение фон/помеха на радиолокационном изображении.

1

1

Способ искажения радиолокационного изображения
в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны

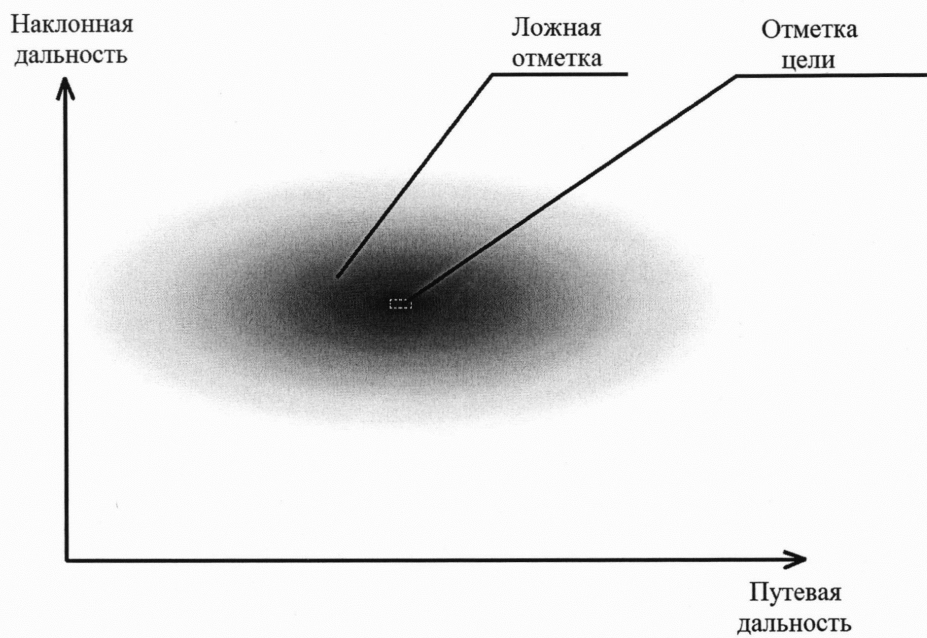


Фиг. 1

2

2

Способ искажения радиолокационного изображения
в космической радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны



Фиг. 2