



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004138785/09, 30.12.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2004

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2006

(45) Опубликовано: 27.03.2007 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **Применение цифровой обработки
сигналов. Пер. с англ./ Под ред. ОППЕНГЕЙМА
Э., пер. под ред. РЯЗАНЦЕВА А.М. М.: Мир,
1980, с.274. RU 2182714 C2, 20.05.2000. US
6111536 A, 29.08.2000. US 6426717 B1,
30.07.2002. GB 2232549 A, 12.12.1990. GB
1420513, 07.01.1976.**

Адрес для переписки:

123557, Москва, Электрический пер., 1, ОАО
"Корпорация "Фазотрон-НИИР", Начальнику
отдела интеллектуальной собственности В.И.
Фаленко

(72) Автор(ы):

Брамбург Борис Вульфович (RU),
Цхе Станислав Яковлевич (RU),
Чернов Алексей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

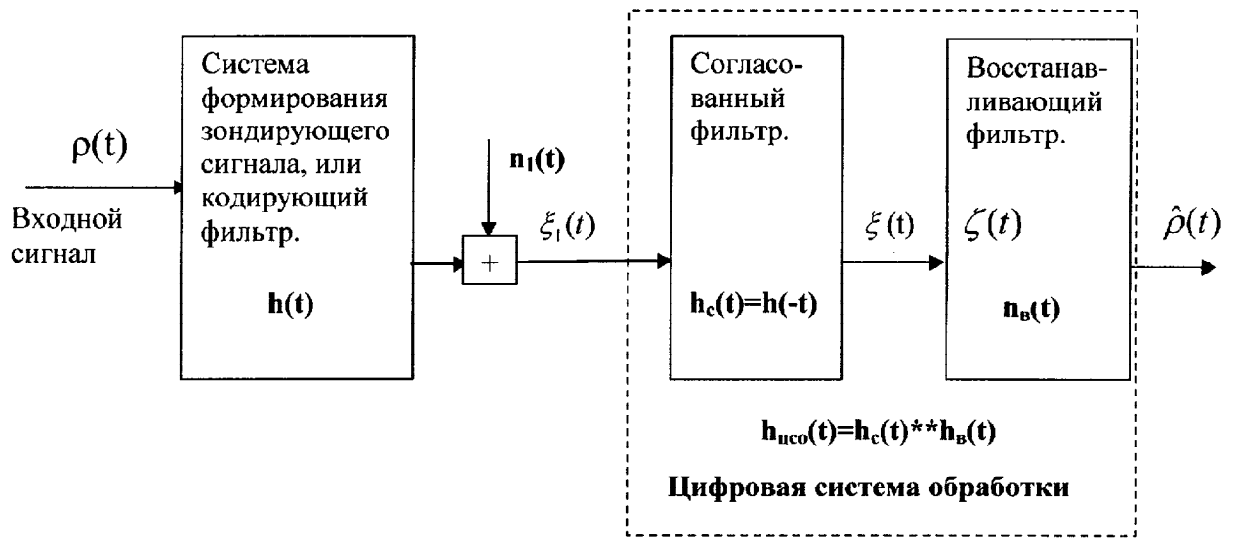
Открытое акционерное общество "Корпорация
"Фазотрон-Научно-исследовательский институт
радиостроения" (RU)

(54) СПОСОБ РАЗРЕШЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ПО ДАЛЬНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИЕЙ И
ИМПУЛЬСНАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ СО СЖАТИЕМ ИМПУЛЬСОВ И
ВОССТАНОВЛЕНИЕМ СИГНАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано для повышения разрешения целей по дальности в наземных и бортовых радиолокационных станциях (РЛС), в которых излучение производится зондирующими импульсами с внутриимпульсной частотной модуляцией или фазовой манипуляцией. Техническим результатом является увеличение разрешающей способности по дальности радиолокационной станции со сжатием импульсов. Этот результат достигается за счет излучения сложных зондирующих сигналов, приема отраженных сигналов, обработки их в согласованном фильтре, где осуществляется сжатие импульсов во времени, последующего восстановления входных сигналов в

восстанавливающим фильтре, что позволяет расширить эффективную полосу сигнала и, как следствие, увеличить разрешающую способность РЛС по дальности. При этом одновременно снижается уровень боковых лепестков сжатого импульса по сравнению с результатами согласованной фильтрации и повышается точность измерения дальности до цели. Использование изобретения позволяет увеличить дальность действия РЛС со сжатием импульсов без снижения разрешающей способности по дальности. Изобретение представлено двумя объектами: способом и устройством. Устройство представляет собой РЛС со сжатием импульсов и восстановлением сигналов, обеспечивающую увеличение разрешающей способности по дальности. 2 н. и 1 з. п. ф-лы, 4 ил.



Структурная схема прохождения сигнала

Фиг. 2

RU 2 2 9 6 3 4 5 C 2

RU 2 2 9 6 3 4 5 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004138785/09, 30.12.2004**

(24) Effective date for property rights: **30.12.2004**

(43) Application published: **10.06.2006**

(45) Date of publication: **27.03.2007 Bull. 9**

Mail address:
**123557, Moskva, Ehlektricheskij per., 1, OAO
"Korporatsija "Fazotron-NIIR", Nachal'niku
otdela intellektual'noj sobstvennosti V.I. Falenko**

(72) Inventor(s):
**Bramburg Boris Vul'fovich (RU),
Tskhe Stanislav Jakovlevich (RU),
Chernov Aleksej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Korporatsija "Fazotron-Nauchno-
issledovatel'skij institut radiostroenija" (RU)**

(54) **MODE OF TARGETS RADAR STATION CLEARANCE ACCORDING TO DISTANCE AND A PULSE RADAR STATION WITH COMPRESSION OF PULSES AND RESTORATION OF SIGNALS**

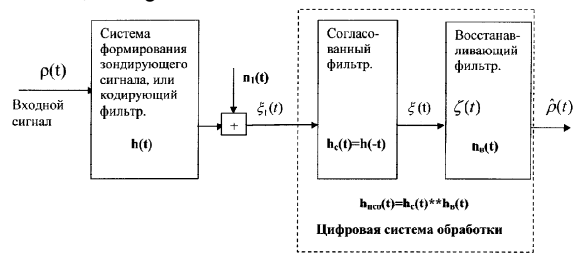
(57) Abstract:

FIELD: the invention refers to the field of radiolocation.

SUBSTANCE: it may be used for increasing targets clearance according to distance in ground and airborne radar stations in which radiation is executed by sounding pulses with intrapulse frequency modulation or with phase modulation. The technical result is achieved due to radiation of complex sounding signals, reception of reflected signals, their processing in a matched filter where compression of pulses is executed in time, subsequent restoration of input signals in a restoration filter. This allows to expand the effective signal band and as a result to increase clearance of the radar station according to distance. At that simultaneously the level of the lateral lobes of the compressed pulse is lowered in comparison with the results of the matched filtration and accuracy of measuring the distance

to a target is increased. The usage of the invention allows increase the range of the radar station with pulse compression without reducing the clearance according to distance. The invention has two objects: the mode and the arrangement. The arrangement represents a radar station with pulse compression and restoration of signals providing increase of clearance according to distance.

EFFECT: increase of a radar station clearance.
3 cl, 4 dwg



Структурная схема прохождения сигнала
Фиг. 2

RU 2 296 345 C2

RU 2 296 345 C2

Изобретение относится к области радиолокации и может быть использовано для разрешения целей по дальности в наземных и бортовых радиолокационных станциях (РЛС), а также может быть использовано в радиотехнических системах связи. Оно представляется двумя объектами: способом и устройством.

5 1. Способ.

Известен способ разрешения целей по дальности радиолокационной станцией (РЛС) - излучение коротких зондирующих импульсов. Укорочение импульса улучшает разрешение по дальности [Применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. / Под ред. Э.Оппенгейма, пер. под ред. А.М.Рязанцева. - М.: Мир, 1980, стр.274].

10 Однако укорочение импульса при ограниченной пиковой мощности передатчика снижает предельную дальность действия РЛС за счет уменьшения средней излучаемой мощности.

Из известных способов разрешения целей по дальности РЛС одним из близких по достигаемому результату является техника сжатия импульсов [Справочник по радиолокации. Под ред. М.Сколника, 1970. Пер. с англ. (в четырех томах) /Под общей ред. К.Н.Трофимова; том 3. Радиолокационные устройства и системы/ Под ред. А.С.Виницкого. - М.: Сов. радио, 1978, стр.400-402].

Сущность этого способа заключается в излучении РЛС сложного зондирующего сигнала с внутримпульсной частотной модуляцией или фазовой манипуляцией, приеме отраженного сигнала и обработке его в согласованном фильтре, где осуществляется сжатие сигнала на коротком интервале времени. Этим одновременно достигается и большая энергия излучения, свойственная длинному (несжатому) зондирующему сигналу, и высокое разрешение целей по дальности, свойственное короткому сжатому импульсу. Процесс сжатия импульсов известным способом реализуется в согласованном фильтре.

Сложный зондирующий сигнал можно представить в виде импульсной характеристики $h(t)$ "кодирующего" фильтра (временного отклика на единичный импульс). Зондирующий сигнал может быть также описан его частотным спектром $H(\omega)$. Принятый отраженный от цели сигнал $h(t)$ подается на согласованный фильтр, частотная характеристика которого $H^*(\omega)$ является комплексно-сопряженной по отношению к частотному спектру зондирующего сигнала. При этом на выходе согласованного фильтра появляется сжатый импульс, вид которого определяется обратным преобразованием Фурье произведения спектра зондирующего сигнала $H(\omega)$ на частотную характеристику согласованного фильтра $H^*(\omega)$:

$$h_{сж}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |H(\omega)|^2 \exp(j\omega t) d\omega \quad (1)$$

35 Выходной сигнал согласованного фильтра можно выразить и через импульсную характеристику кодирующего фильтра. Сжатый импульс определяется сверткой сигнала $h(t)$ с импульсной характеристикой $h(-t)$ согласованного фильтра:

$$h_{сж}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) h(t - \tau) d\tau \quad (2)$$

40 где $h(t-\tau)$ - импульсная характеристика согласованного фильтра является обращенной во времени копией зондирующего сигнала $h(\tau)$.

Выходной сигнал согласованного фильтра $h_{сж}(t)$ можно трактовать как импульсную характеристику системы сжатия импульсов, этот сигнал является откликом такой системы на сигнал от одиночной точечной цели.

45 Таким образом, импульсная характеристика системы сжатия определяется сверткой импульсных характеристик кодирующего и согласованного фильтров

$$h_{сж}(t) = h(t) ** h_c(t) \quad (3)$$

где $h_c(t)=h(-t)$ - импульсная характеристика согласованного фильтра;

50 ** - знак операции свертки.

В качестве прототипа способа, наиболее близкого к предлагаемому изобретению, выбран способ, используемый в РЛС со сжатием импульсов [Применение цифровой обработки сигналов. Пер. с англ., п/р Э.Оппенгейма, пер. п/р А.Рязанцева. М.: Мир, 1980, стр.269].

Недостатком способа, описанного в прототипе, является то, что после сжатия согласованным фильтром выходной импульс имеет некоторую длительность и соответствующую ей ширину спектра, не позволяющие обеспечить заданное разрешение по дальности. Невозможно выделить детали изображения, размер которых менее
 5 длительности импульсной характеристики радиолокационной системы сжатия импульса. Кроме того, выходной сигнал согласованного фильтра состоит из сжатого импульса и некоторого числа откликов, соответствующих другим значениям дальности, которые называют боковыми лепестками по времени или по дальности. Боковые лепестки являются источником взаимных помех при наличии в одном интервале дальности сигналов от других
 10 целей, находящихся в других интервалах дальности, что может ограничить эффективный динамический диапазон радиолокационного приемника при приеме сигналов от больших целей и уменьшить разрешение. Для уменьшения уровня боковых лепестков используется амплитудная весовая обработка выходных сигналов, что нарушает условие согласования, и приводит к ухудшению разрешения по дальности, а также к уменьшению отношения
 15 сигнал/шум на выходе согласованного фильтра.

Задачей изобретения является повышение разрешающей способности по дальности РЛС при заданной ширине спектра зондирующего сигнала.

Решение ее достигается тем, что в отличие от известного способа разрешения целей по дальности, согласно изобретению до обнаружения цели дополнительно к согласованной
 20 фильтрации производится восстановление входного сигнала восстанавливающим фильтром.

Ранее в патенте РФ N 2182714 использован метод восстановления сигналов для решения другой технической задачи - повышения угловой разрешающей способности РЛС при обзоре. В этом изобретении технический результат достигался за счет формирования
 25 и обработки траекторного сигнала в согласованном фильтре и дополнительной обработки - восстановления входного траекторного сигнала в восстанавливающем фильтре.

Длительность импульсной характеристики реальной радиолокационной системы сжатия импульсов определяет искажение входного сигнала. Чем больше длительность импульсной
 30 характеристики системы сжатия импульсов, тем сильнее искажается входной сигнал и тем ниже разрешающая способность РЛС по дальности. Процесс восстановления (или устранения искажений) предусматривает апостериорное обращение тех этапов формирования и обработки сигнала, которые вызвали его искажение. Сигнал $\xi(t)$ на выходе согласованного фильтра можно представить в виде свертки

$$\xi(t) = \rho(t) ** h_{сж}(t) + n(t), \quad (4)$$

35 На фиг.1 изображена эквивалентная структурная схема прохождения сигнала, где

$\rho(t)$ - входной сигнал или функция отражения цели;

$h_{сж}(t)$ - импульсная характеристика радиолокационной системы сжатия импульсов (3);

40 $h(t)$ - импульсная характеристика системы формирования зондирующего сигнала (импульсная характеристика кодирующего фильтра);

$h_c(t)$ - импульсная характеристика согласованного фильтра;

$h_c(t)=h(-t)$

$n(t)$ - шум;

** - знак операции свертки.

45 Соотношение (4) можно трактовать следующим образом. На вход системы сжатия импульсов поступает входной сигнал $\rho(t)$. На выходе системы сжатия наблюдается искаженный сигнал $\xi(t)$. Степень искажения входного сигнала $\rho(t)$ определяется длительностью импульсной характеристики системы сжатия $h_{сж}(t)$ и шумом $n(t)$.

50 Под восстановлением сигнала понимается такая обработка искаженного сигнала $\xi(t)$, которая позволяет получить функцию, наиболее близкую (по тому или иному критерию) к истинному входному сигналу $\rho(t)$. Сущностью предлагаемого способа является нахождение оценки входного сигнала (функции отражения цели) $\hat{\rho}(t)$ по искаженному сигналу $\xi(t)$ при известной импульсной характеристике системы сжатия импульсов $h_{сж}(t)$. Для этого на

основе знания импульсной характеристики системы сжатия создается восстанавливающий фильтр, устраняющий внесенное в процессе формирования зондирующего сигнала и обработки отраженного сигнала искажение входного сигнала. Таким образом, метод восстановления сигнала основан на использовании априорной информации об искажении входного сигнала (см. фиг.1).

Обработка искаженного сигнала осуществляется в частотной области, оценка спектра входного сигнала $\hat{\rho}(\omega)$ производится с помощью фильтрации Винера и выполняется восстанавливающим фильтром с частотной характеристикой [Василенко Г.И. Теория восстановления сигналов. - О редукации к идеальному прибору в физике и технике. - М.: Сов. радио, 1979, - стр.113].

$$H_B(j\omega) = H_{сж}^*(j\omega) / (|H_{сж}(\omega)|^2 + W_n(\omega) / W_p(\omega)) \quad (5)$$

при этом оценка спектра входного сигнала определяется $\hat{\rho}(j\omega) = H_B(j\omega) \cdot \xi(j\omega)$, (6)

где знак * означает комплексное сопряжение;
 $H_{сж}(j\omega)$ - частотная характеристика радиолокационной системы сжатия импульсов;
 $|H_{сж}(\omega)|^2 = H_{сж}(j\omega) \cdot H_{сж}^*(j\omega)$;
 $W_n(\omega)$, $W_p(\omega)$ - спектральные плотности мощности шума и входного сигнала $\rho(t)$;
 $\xi(j\omega)$ - спектр искаженного сигнала $\xi(t)$;
 ω - круговая частота.

Приведенная в выражении (5) частотная характеристика оптимального линейного фильтра Винера позволяет получить оценку сигнала, близкую к входному в смысле минимума среднеквадратического отклонения при условии, что спектры плотности мощности входного сигнала и шума априорно известны. Если спектральные плотности мощности входного сигнала и шума не известны, то они могут быть оценены по искаженному сигналу [Ярославский Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии. - Введение в цифровую оптику. - М.: Радио и связь, 1987. - стр.155].

На фиг.2 изображена структурная схема с возможным фактическим распределением функций между элементами схемы, где $\xi_1(t) = \rho(t) ** h(t) + n_1(t)$ - сигнал на входе согласованного фильтра;

$n_1(t)$ - белый шум;
 ** - знак операции свертки.

При каскадном включении согласованного и восстанавливающего фильтров результирующая импульсная характеристика системы обработки $h_{цсо}(t)$ представляет собой свертку импульсных характеристик этих фильтров (см. фиг.2):

$$h_{цсо}(t) = h_c(t) ** h_B(t), \quad (7)$$

где $h_{цсо}(t)$ - импульсная характеристика блока цифровой системы обработки (ЦСО);
 $h_c(t)$ - импульсная характеристика согласованного фильтра;
 $h_B(t)$ - импульсная характеристика восстанавливающего фильтра с частотной характеристикой (5).

Процедура оценивания входного сигнала (или функции отражения цели) $\rho(t)$ обеспечивается перемножением частотной характеристики ЦСО $H_{цсо}(j\omega)$ с частотным спектром $\xi_1(j\omega)$ входного сигнала $\xi_1(t)$ с последующим обратным преобразованием Фурье во временную область, что соответствует линейной свертке сигнала на входе согласованного фильтра $\xi_1(t)$ с импульсной характеристикой блока ЦСО $h_{цсо}(t)$ во временной области (см. фиг.2) [Оппенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов, Пер. с англ. Под ред. С.Я.Шаца. - М.: Связь, 1979, стр.89].

Указанная процедура проводится в соответствии с алгоритмами:
 операция прямого преобразования Фурье

$$\xi_1(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \xi_1(t) \cdot \exp(-j\omega t) \cdot dt, \quad (8)$$

где $\xi_1(t)$ - выходной сигнал приемника, поступающий в ЦСО на согласованный фильтр,

$\xi_1(j\omega)$ - частотный спектр выходного сигнала приемника, [Я.З.Цыпкин - Основы теории автоматических систем, 1977, стр.525] операция согласованной фильтрации в частотной области

$$\xi(j\omega) = \xi_1(j\omega) * H_c(j\omega) \quad (9)$$

5 где $H_c(j\omega)$ - частотная характеристика согласованного фильтра,
 $\xi(j\omega)$ - частотный спектр выходного сигнала согласованного фильтра,
 операция восстановления сигнала в восстанавливающем фильтре

$$\hat{\rho}(j\omega) = \xi(j\omega) * H_B(j\omega) = \xi_1(j\omega) * H_c(j\omega) * H_B(j\omega) = \xi_1(j\omega) * H_{\text{цсо}}(j\omega) \quad (10)$$

10 где $H_B(j\omega)$ - частотная характеристика восстанавливающего фильтра Винера (5);
 $\hat{\rho}(j\omega)$ - оценка спектра входного сигнала;

$H_{\text{цсо}}(j\omega)$ - частотная характеристика цифровой системы обработки ЦСО;
 операция обратного преобразования Фурье

$$15 \hat{\rho}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{\rho}(j\omega) * \exp(j\omega t) * d\omega \quad (11)$$

[Я.З.Цыпкин - Основы теории автоматических систем, 1977, стр.525] далее в обнаружителе производится обнаружение сигнала, а в вычислителе определяется дальность до цели.

2. Устройство.

20 Импульсная радиолокационная станция (РЛС) со сжатием импульсов и восстановлением сигналов связана единым изобретательским замыслом с вышеописанным способом разрешения целей по дальности и обеспечивает выполнение этого способа.

Радиолокационный сигнал, имеющий обычно вид последовательности коротких радиоимпульсов, формируется в передатчике и излучается антенной в пространство.

25 Отражающие объекты - "цели" переотражают часть электромагнитной энергии в направлении РЛС. Некоторая часть отраженной в сторону РЛС энергии, образующей эхо-сигнал, улавливается антенной и детектируется в приемнике. Обнаружение эхо-сигнала свидетельствует о наличии цели. Сравнение отраженного сигнала с излученным позволяет получить информацию о цели: дальность и скорость перемещения относительно РЛС. В
 30 большинстве импульсных РЛС полученная информация отображается на электронно-лучевом индикаторе за которым наблюдает оператор.

В импульсных РЛС разрешение по дальности определяется длительностью зондирующего импульса. Чем короче импульс, тем выше разрешение. [Моделирование в радиолокации. А.И.Леонов, В.Н.Васенев, Ю.И.Гайдуков и др.; под ред. А.И.Леонова. - М.: Сов. радио, 1979, стр.10].

35 Однако укорочение импульса оказывается серьезной проблемой из-за ограничения у передатчика радиолокатора пиковой мощности, поскольку энергия излучаемого импульса пропорциональна его длительности. В результате при использовании простого монохроматического импульса увеличение разрешающей способности радиолокационной
 40 станции по дальности будет сопровождаться уменьшением дальности ее действия.

В качестве прототипа как наиболее близкая по своей технической сущности к предлагаемому изобретению выбрана импульсная РЛС со сжатием импульсов [Применение цифровой обработки сигналов. Пер. с англ. / Под ред. Э.Оппенгейма, пер. под ред. А.М.Рязанцева. - М.: Мир, 1980, стр.269].

45 Известная импульсная РЛС включает в себя антенну для излучения и приема сигналов, генератор передатчика для формирования сложных зондирующих сигналов, приемник для усиления сигналов и устройство обработки сигналов, в котором производится согласованная фильтрация принятых сигналов, обнаружение сигналов от цели и измерение дальности до цели. Для обеспечения разрешения РЛС по дальности в качестве
 50 зондирующего сигнала используется сложный сигнал в виде радиоимпульса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

Отразившись от цели, ЛЧМ-импульс, принятый антенной, поступает после усиления в приемнике в устройство обработки сигналов. Устройство обработки содержит

согласованный фильтр, где производится сжатие импульса во времени.

Однако применение техники сжатия импульса не позволяет сжать импульс до потенциально возможной величины, определяемой характеристиками спектра зондирующего сигнала.

5 Кроме того, сигнал на выходе согласованного фильтра помимо основного главного лепестка имеет боковые лепестки по оси дальности. Наличие боковых лепестков усложняет проблему обеспечения высокой разрешающей способности вследствие того, что боковые лепестки сигнала, отраженного от больших целей, могут маскировать основной сигнал, отраженный от небольшой цели, которая была бы обнаружена при отсутствии большой цели.

10 Задачей предлагаемого изобретения является повышение разрешающей способности по дальности РЛС со сжатием импульсов посредством восстановления входного сигнала в восстанавливающем фильтре.

15 Решение поставленной задачи достигается тем, что в импульсную РЛС со сжатием импульсов согласно изобретению дополнительно введен восстанавливающий фильтр, вход которого соединен с выходом согласованного фильтра, а выход - с входом обнаружителя.

На фиг.3 изображена блок-схема импульсной РЛС со сжатием импульсов и восстановлением.

20 РЛС содержит антенну 1, антенный переключатель 2, передатчик 3, приемник 4, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 5, цифровую систему обработки (ЦСО) 6, обнаружитель 7, вычислитель дальности 8. В состав ЦСО входят согласованный фильтр 9 и восстанавливающий фильтр 10.

На фиг.4 изображена блок-схема ЦСО.

25 ЦСО включает в себя блок оперативной памяти 11, процессор прямого быстрого преобразования Фурье (ПБПФ) 12, умножитель 13, долговременное запоминающее устройство (ДЗУ) 14, где хранятся отсчеты частотной характеристики ЦСО и процессор обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) 15.

30 РЛС содержит антенну 1, передатчик 3, выход которого через антенный переключатель 2 соединен с антенной 1, приемник 4, вход которого через антенный переключатель 2 соединен с выходом антенны 1, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 5, вход которого соединен с выходом приемника 4, согласованный фильтр 9, вход которого соединен с выходом АЦП 5, восстанавливающий фильтр 10, вход которого соединен с выходом согласованного фильтра 9, обнаружитель 7, вход которого соединен с выходом восстанавливающего фильтра 10, вычислитель дальности 8, вход которого соединен с выходом обнаружителя 7. ЦСО содержит блок оперативной памяти 11, вход которого соединен с выходом АЦП 5, а выход со входом процессора прямого быстрого преобразования Фурье (ПБПФ) 12, выход процессора ПБПФ соединен с первым входом умножителя 13, ко второму входу умножителя 13 подсоединен выход долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) 14, выход умножителя 13 присоединен ко входу процессора обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) 15, выход процессора ОБПФ соединен со входом обнаружителя 7.

35 РЛС работает следующим образом. Антенна 1 излучает в пространство последовательность импульсов. Сигналы на антенну 1 для излучения в пространство поступают через антенный переключатель 2 с передатчика 3. Последовательность 45 отраженных импульсов поступает через антенну 1 и антенный переключатель 2 на приемник 4. Через АЦП 5 сигнал поступает на цифровую систему обработки ЦСО 6, с выхода ЦСО на обнаружитель 7, а затем на вычислитель дальности 8. Вычисленная дальность обычно используется в системе индикации. В ЦСО 6 сигнал подвергается фильтрации в согласованном фильтре 9 и восстанавливающем фильтре 10. Вход 50 согласованного фильтра 9 является входом ЦСО 6, а выход восстанавливающего фильтра 10 является выходом ЦСО 6.

В цифровой системе обработки (ЦСО) 6 на каждом периоде зондирования производится обработка сигнала в соответствии со структурной схемой, приведенной на фиг.2.

Отраженный от цели сигнал с шумом $\xi_1(t)$ с выхода АЦП 5 (см. фиг.3) поступает в ЦСО 6 на согласованный фильтр 9. В процессоре ПБПФ 12 (см. фиг.4) сигнал подвергается операции прямого быстрого преобразования Фурье ПБПФ в соответствии с алгоритмом (8) (в ЦСО - прямого дискретного преобразования Фурье (12), в результате которого

5 определяется частотный спектр $\xi_1(j\omega)$ выходного сигнала приемника.

В умножителе 13 (см. фиг.4) производится умножение частотного спектра $\xi_1(j\omega)$ на частотную характеристику ЦСО $H_{\text{цсо}}(j\omega)$ в соответствии с алгоритмом (10), в результате чего определяется оценка частотного спектра входного сигнала $\hat{\rho}(j\omega)$. Данные о частотной характеристике $H_{\text{цсо}}(j\omega)$ хранятся в ДЗУ 14. В процессоре ОБПФ 15 (см. фиг.4)

10 частотный спектр подвергается процедуре обратного быстрого преобразования Фурье ОБПФ (11) (в ЦСО-обратного дискретного преобразования Фурье 15).

В ЦСО РЛС алгоритмы дискретного преобразования Фурье ДПФ реализуются в виде известных алгоритмов прямого и обратного быстрого преобразования Фурье ПБПФ и ОБПФ

15 в соответствии с блок-схемой, приведенной на фиг.4.

Блок цифровой системы обработки может быть реализован на основе программно-управляемого процессора, например, фирмы RCA (США) [Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны /В.Н.Антипов, В.Т.Горяинов, А.Н.Кулин и др.; под ред. В.Т.Горяинова. - М.: Радио и связь, 1988 - стр.211].

20 С целью проверки предлагаемого способа разрешения целей по дальности были проведены численные эксперименты. Эксперименты показали, что введение операции восстановления входного сигнала в процесс сжатия сигнала по дальности импульсной радиолокационной станции позволяет:

- расширить эффективную полосу зондирующего сигнала и как следствие - увеличить разрешающую способность РЛС по дальности;
- 25 - снизить уровень боковых лепестков сжатого импульса по сравнению с результатами согласованной фильтрации;
- повысить точность измерения дальности до цели.

Формула изобретения

30 1. Способ разрешения целей по дальности импульсной радиолокационной станцией, заключающийся в том, что передающая антенна станции излучает сложные зондирующие сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией или фазовой манипуляцией, генерируемые передатчиком, приемная антенна станции принимает отраженные сигналы, в приемном тракте на каждом периоде повторения импульсов производится фильтрация

35 принятых сигналов в согласованном фильтре, согласованном с зондирующим сигналом, в обнаружителе принимается решение об обнаружении сигналов и в вычислителе производится определение дальности до цели, отличающийся тем, что до обнаружения сигнала на каждом периоде повторения импульсов дополнительно к согласованной фильтрации после сжатия импульса производится восстановление сигнала

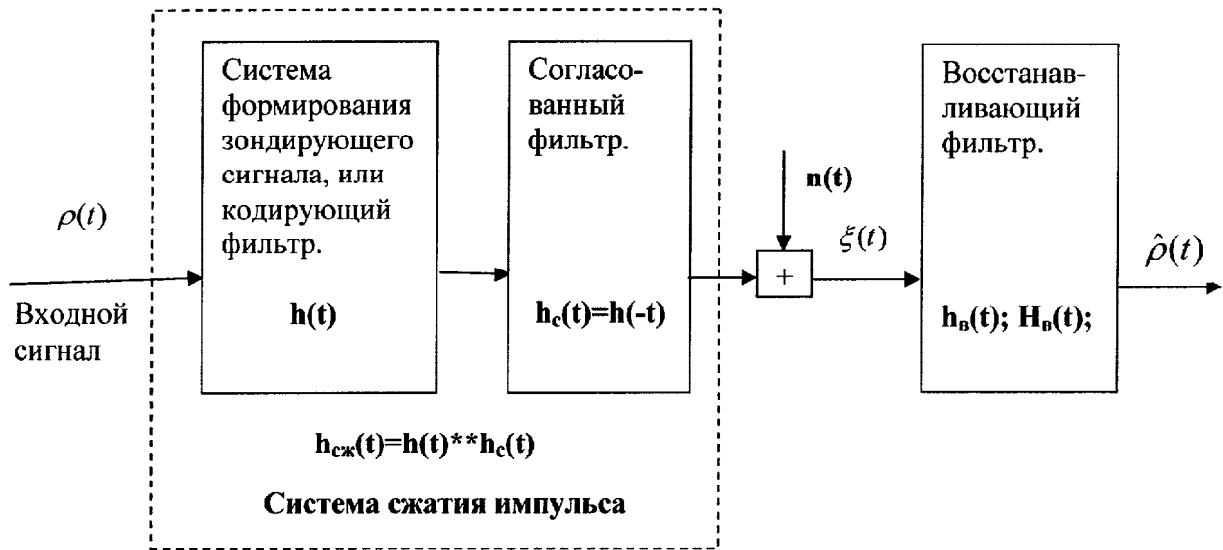
40 восстанавливающим фильтром.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что восстанавливающим фильтром является фильтр Винера.

3. Импульсная радиолокационная станция, содержащая антенну, соединенную через антенный переключатель с передатчиком и приемным трактом, включающим приемник, вход которого соединен с выходом антенны через антенный переключатель, аналого-цифровой преобразователь, вход которого соединен с выходом приемника, согласованный

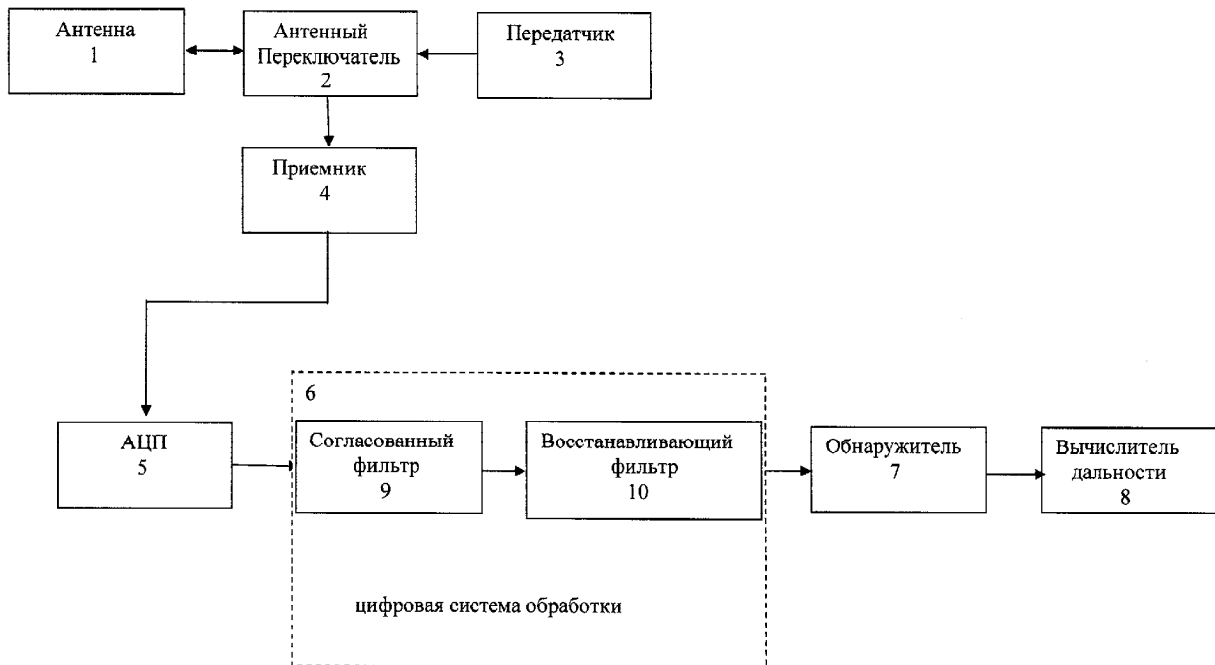
45 фильтр, вход которого соединен с выходом аналого-цифрового преобразователя, обнаружитель, вычислитель дальности, вход которого соединен с выходом обнаружителя, отличающаяся тем, что в приемный тракт введен восстанавливающий фильтр, вход которого соединен с выходом согласованного фильтра, а выход - с входом обнаружителя.

50



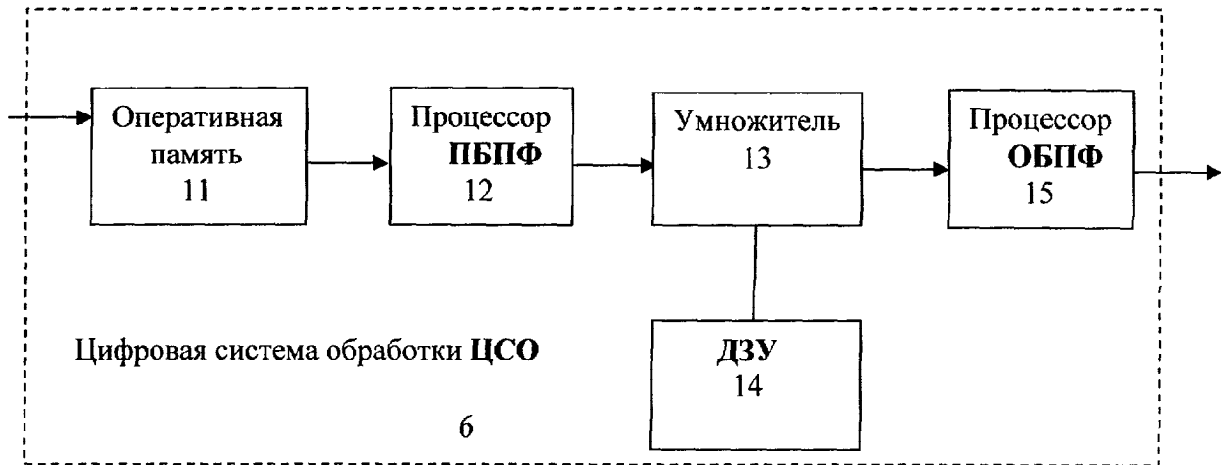
Эквивалентная структурная схема прохождения сигнала

Фиг. 1



Блок-схема импульсной РЛС со сжатием импульсов и восстановлением сигналов

Фиг. 3



Блок-схема ЦСО

Фиг. 4