



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G01S 13/44 (2021.05); G01S 13/4418 (2021.05); G01S 3/14 (2021.05)*

(21)(22) Заявка: 2020132682, 02.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.10.2020Дата регистрации:  
21.09.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.10.2020

(45) Опубликовано: 21.09.2021 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

119160, Москва, Фрунзенская наб., 22/2,  
Управление интеллектуальной собственности  
военно-технического сотрудничества и  
экспертизы поставок ВВТ МО РФ, Котляру  
А.В.

(72) Автор(ы):

Елисюткин Григорий Анатольевич (RU),  
Кириянов Владимир Владимирович (RU),  
Поликашкин Роман Васильевич (RU),  
Филиппов Константин Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Российская Федерация, от имени которой  
выступает Министерство обороны  
Российской Федерации (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

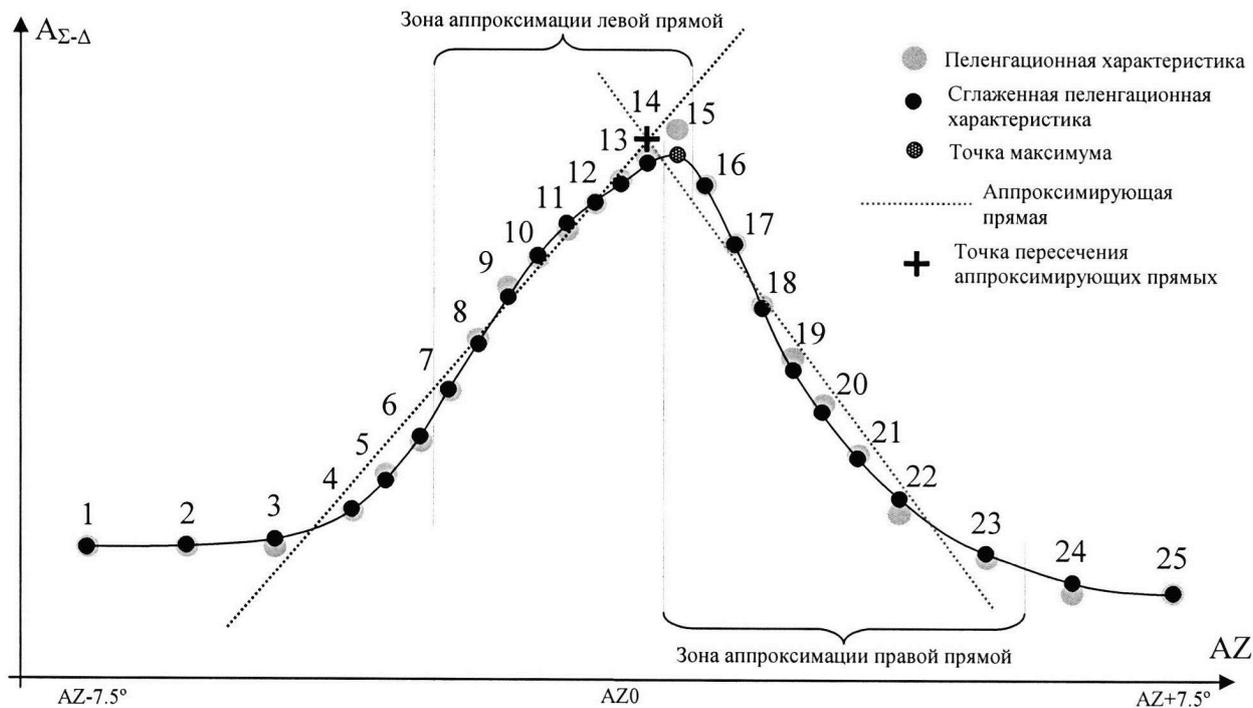
о поиске: RU 2631118 C1, 19.09.2017. RU  
2711341 C1, 16.01.2020. RU 2583849 C1,  
10.05.2016. RU 2572843 C1, 20.01.2016. RU  
2284534 C1, 27.09.2006. СТОЛБОВОЙ В.С.,  
ТУРКО Л.С., ЗАЛЕТИН П.В.  
Пеленгационная характеристика системы  
"Антенна - обтекатель" и пути повышения  
точности пеленгации радиолокационных  
объектов // Вестник Концерн ВКО Алмаз-  
Антей, 2016 г., N (см. прод.)

(54) Способ определения азимута цели с помощью линейно-аппроксимированной пеленгационной характеристики

(57) Реферат:

Изобретение относится к активной радиолокации и может быть использовано в запросчиках радиолокационной системы активного запроса-ответа, устанавливаемых на подвижные объекты-носители, работающих по целеуказаниям от внешних систем по объектам, оборудованным радиолокационными ответчиками. Технический результат заявляемого изобретения направлен на повышение точности пеленгации цели за счет снижения влияния на пеленгационную характеристику искажающих ее факторов, таких как погрешность измерения амплитуды, ограничение чувствительности

приемных каналов, пропуск (отсутствие) сигналов. Заявленный способ включает обработку запомненной полной азимутальной последовательности сигналов с выхода моноимпульсной антенной системы. При этом последовательно проводится интерполяция отсутствующих данных, усреднение в скользящем окне полученной пеленгационной характеристики, вычисление двух интерполяционных прямых слева и справа от точки максимума пеленгационной характеристики. Азимут, соответствующий точке пересечения этих прямых, является вычисленным азимутом цели. 2 ил.



Фиг. 2

(56) (продолжение):

1, сс. 52-60. БАКУЛЕВ П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. М.: Радиотехника, 2004, 320 с., сс. 252-260. US 4246581 А, 20.01.1981. JPS 58221179 А, 22.12.1983. JP 2001059861 А, 06.03.2001. KR 101137793 В1, 18.04.2012.

RU 2755801 C1

RU 2755801 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01S 13/44* (2006.01)  
*G01S 3/14* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01S 13/44 (2021.05); G01S 13/4418 (2021.05); G01S 3/14 (2021.05)*

(21)(22) Application: **2020132682, 02.10.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**02.10.2020**

Registration date:  
**21.09.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **02.10.2020**

(45) Date of publication: **21.09.2021 Bull. № 27**

Mail address:

**119160, Moskva, Frunzenskaya nab., 22/2,  
Upravlenie intellektualnoj sobstvennosti voenno-  
tekhnicheskogo sotrudnichestva i ekspertizy  
postavok VVT MO RF, Kotlyaru A.V.**

(72) Inventor(s):

**Elisyutkin Grigorij Anatolevich (RU),  
Kiryanov Vladimir Vladimirovich (RU),  
Polikashkin Roman Vasilevich (RU),  
Filippov Konstantin Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Rossijskaya Federatsiya, ot imeni kotoroj  
vystupaet Ministerstvo oborony Rossijskoj  
Federatsii (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING AZIMUTH OF TARGET USING LINE-APPROXIMATED DIRECTION FINDING CHARACTERISTIC**

(57) Abstract:

FIELD: radio location.

SUBSTANCE: invention relates to active radio location and can be used in interrogators of an active request-response radio location system, installed on mobile carrier objects, operating on target assignments from external systems for objects equipped with radio location responders. The claimed method includes processing the stored full azimuth signal sequence from the output of a mono-pulse antenna system. Interpolation of the missing data, averaging of the obtained direction finding characteristic in a sliding window, calculation of two interpolation lines to the

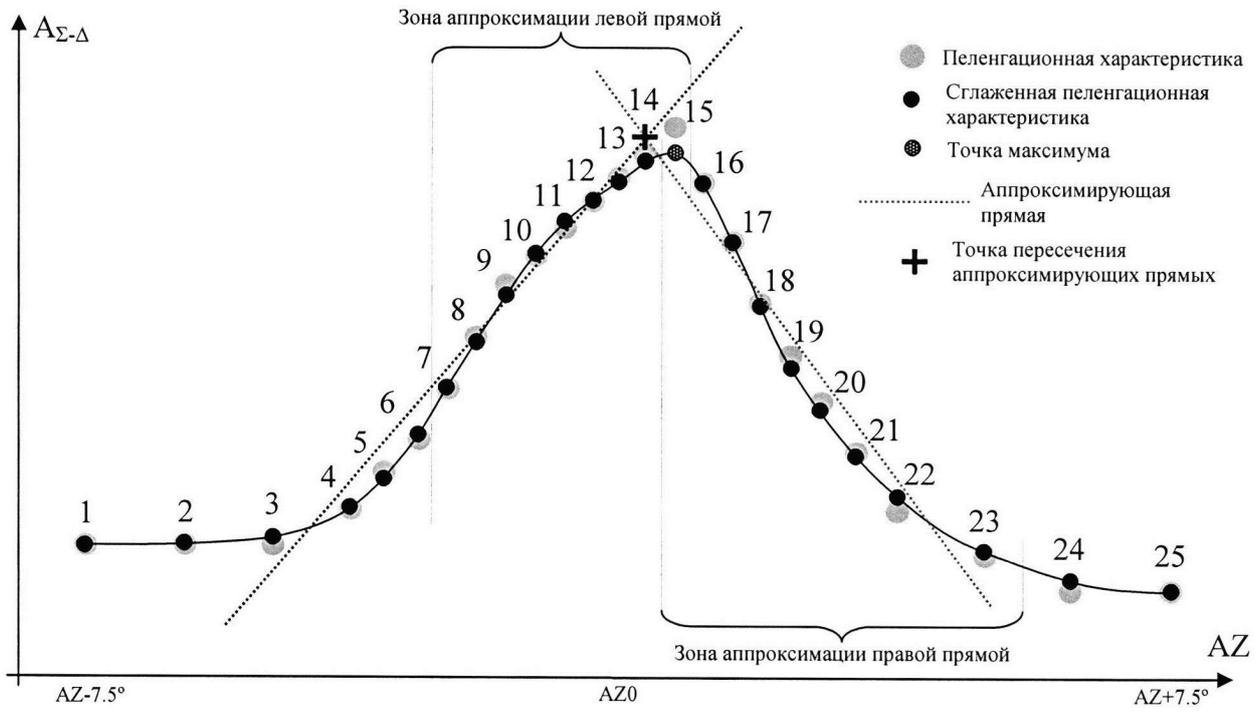
left and to the right of the maximum point of the direction finding characteristic are therein performed sequentially. The azimuth corresponding with the intersection point of said lines is the calculated azimuth of the target.

EFFECT: invention is aimed at improving the accuracy of direction finding of the target by reducing the influence of distorting factors, such as the amplitude measurement error, limited sensitivity of the receiving channels, signal omission (absence), on the direction finding characteristic.

1 cl, 2 dwg

**RU 2 755 801 C1**

**RU 2 755 801 C1**



Фиг. 2

RU 2755801 C1

RU 2755801 C1

Изобретение относится к активной радиолокации и может быть использовано в запросчиках радиолокационной системы активного запроса-ответа, устанавливаемых на подвижные объекты-носители, работающих по целеуказаниям от внешних систем по объектам, оборудованным радиолокационными ответчиками.

5 Из уровня техники известен способ определения азимута цели с помощью интерполированной пеленгационной характеристики (патент RU №2631118, МПК G01S 13/44, опубл. 19.09.2017), который выбран в качестве прототипа для заявляемого изобретения. Данный способ включает обработку запомненной полной азимутальной последовательности сигналов с выхода моноимпульсной антенной системы, при этом  
10 из обработки исключают сигналы, лежащие ниже уровня достоверности результатов, определяемого величиной шума приемного тракта, после чего через точки, лежащие справа и слева от приблизительного направления на цель, образованные совокупностью угловых положений моноимпульсной антенной системы и соответствующими им величинами сигналов с выхода суммарно-разностного дискриминатора, проводятся  
15 интерполированные кривые третьего порядка, включающие эти точки, азимут, соответствующий точке пересечения этих кривых, является вычисленным азимутом цели. Данный способ позволяет повысить точность пеленгации цели при воздействии факторов, искажающих пеленгационную характеристику.

К недостатку указанного способа можно отнести то, что используемый в нем метод  
20 интерполяции дает хорошие результаты внутри анализируемого интервала, а при выходе за его границы величина ошибки начинает резко возрастать. Поскольку искомое значение азимута, определяемое по данному методу, фактически находится за границами обоих интерполируемых интервалов, то оно может быть подвержено значительным ошибкам. Кроме того, сам принцип интерполяции предполагает обязательное  
25 прохождение кривой через все участвующие в ее построении точки. В рассматриваемом случае точками являются измеренные величины амплитуд сигналов с выхода суммарно-разностного дискриминатора, для каждой из которых существуют ошибки измерения, приводящие к искажению интерполяционной кривой и появлению дополнительных ошибок в определении азимута.

30 Для оптимизации определения азимута цели предлагается использовать качественно иные методы обработки, предусматривающие выделение общих закономерностей в принимаемых данных и построение на их основе полиномов, соответствующих данным последовательностям. Подобные методы аппроксимации широко известны и применяются при обработке данных, содержащих ошибки.

35 Техническая проблема, решаемая созданием данного изобретения, заключается в том, что при использовании указанного выше способа при определении азимута возникают ошибки, снижающие точность пеленгации цели.

Технический результат заявляемого изобретения направлен на повышение точности пеленгации цели за счет снижения влияния на пеленгационную характеристику  
40 искажающих ее факторов, таких как погрешность измерения амплитуды, ограничение чувствительности приемных каналов, пропуск (отсутствие) сигналов.

Указанный технический результат достигается тем, что способ определения азимута цели с помощью линейно-аппроксимированной пеленгационной характеристики  
45 включает обработку запомненной полной азимутальной последовательности сигналов с выхода моноимпульсной антенной системы, при этом он отличается от прототипа тем, что последовательно проводится интерполяция отсутствующих данных, усреднение в скользящем окне полученной пеленгационной характеристики, вычисление двух интерполяционных прямых слева и справа от точки максимума пеленгационной

характеристики, при этом азимут, соответствующий точке пересечения этих прямых, является вычисленным азимутом цели.

Сущность предлагаемого способа определения азимута цели с помощью линейно-аппроксимированной пеленгационной характеристики поясняется чертежами, на которых представлены:

Фиг. 1 - пеленгационная характеристика, дополненная данными по отсутствующим ответам;

Фиг. 2 - пеленгационная характеристика, дополненная сглаженными данными и аппроксимирующими прямыми.

Измерение азимута отвечающего объекта посредством приема сигналов от моноимпульсной антенной системы производится по процедуре, включающей в себя следующие этапы:

- излучение пачки запросных сигналов с одновременным сканированием по азимуту;

- запоминание сохраненных значений разности амплитуд ответного сигнала с

суммарного и разностного каналов для каждого запроса;

- интерполяция отсутствующих данных (восстановление данных в отсутствующих ответах);

- сглаживание полученной пеленгационной характеристики цели (усреднение в скользящем окне);

- поиск точки максимума пеленгационной характеристики цели;

- вычисление двух аппроксимирующих прямых (слева и справа от точки максимума);

- вычисление точки пересечения аппроксимирующих прямых;

- проверка достоверности измерения азимута цели.

Рассмотрим достижение технического результата более подробно.

Вычислительное устройство запросчика преобразует полученный азимут цели (AZ) в код отклонения диаграммы направленности выбранной антенны. Величина AZ выбирается как ближайшая к расчетному отклонению антенны с учетом шага установки диаграмм направленности (ДН)  $0.5^\circ$ , при спорных ситуациях выбирается наименьшее по модулю отклонение.

Запросчиком производится излучение пачки из 25 запросных сигналов с одновременным сканированием по азимуту.

К обработке принимаются ответные сигналы с любым соотношением амплитуд суммарного и разностного каналов, после чего они сохраняются в памяти вычислительного устройства. Если на какой-либо из запросов цель не ответила, то

данные по разности амплитуд с суммарного и разностного каналов антенны (в дальнейшем  $\Sigma$ - $\Delta$ ) для данного ответа считаются отсутствующими и подлежат

интерполяции на следующем этапе обработки.

Отсутствующие данные по величине  $\Sigma$ - $\Delta$  восстанавливаются следующим образом: для крайних точек справа и слева - по ближайшему значению, для всех остальных точек - методом линейной интерполяции, как показано на фиг. 1.

Полученная пеленгационная кривая (график, отображающий зависимость величин  $\Sigma$ - $\Delta$  от азимута, для которого они были получены) усредняется в скользящем окне размером 3 отсчета. Сглаживанию подлежат все отсчеты со 2 по 24, при этом отсчеты 1 и 25 остаются прежними, как показано на фиг. 2.

После сглаживания пеленгационной характеристики производится поиск точки максимума. При этом точкой максимума считается точка, имеющая наибольшую амплитуду.

На основании сглаженной пеленгационной характеристики и точки максимума

производится расчет двух прямых, аппроксимирующих левый и правый склоны пеленгационной кривой (фиг. 2). Расчет ведется по девяти точкам справа и слева от максимума, включая максимум. Если от точки максимума до края характеристики менее 9 точек, то расчет ведется по всем доступным точкам с соответствующим  
5 уменьшением числа точек в приведенных ниже формулах.

Для каждой аппроксимирующей прямой вычисляются следующие промежуточные переменные:

$S_x$  - сумма величин азимутов всех девяти точек;

10  $S_y$  - сумма величин  $A\Sigma-\Delta$  (разность амплитуд суммарного и разностного каналов моноимпульсной антенной системы) всех девяти точек;

$S_{x2}$  - сумма величин квадратов азимутов всех девяти точек;

$S_{xy}$  - сумма величин произведения азимута ( $AZ$ ) на  $A\Sigma-\Delta$  для каждой из девяти точек.

Наклон  $A$  и смещение  $B$  для правой и левой аппроксимирующей прямой вычисляются  
15 по следующим формулам:

$$A = \frac{N \cdot S_{xy} - S_x \cdot S_y}{N \cdot S_{x2} - (S_x)^2}; \quad B = \frac{S_y - A \cdot S_x}{N},$$

где  $N$  - число точек, по которым производится расчет.

20 На основании вычисленных параметров аппроксимирующих прямых вычисляется величина азимута, соответствующая точке их пересечения:

$$AZ_{calc} = \frac{B_{прав} - B_{лев}}{A_{лев} - A_{прав}},$$

25 где  $AZ_{calc}$  - величина азимута;

$B_{прав}$  - смещение правой аппроксимирующей прямой;

$B_{лев}$  - смещение левой аппроксимирующей прямой;

$A_{лев}$  - наклон левой аппроксимирующей прямой;

30  $A_{прав}$  - наклон правой аппроксимирующей прямой.

Азимут точки пересечения аппроксимирующих прямых является искомым (вычисленным) азимутом цели.

Достоверность измерения азимута проверяется по следующим условиям:

35 - знак произведения  $A_{лев}$  и  $A_{прав}$  меньше нуля;

- справа и слева от точки максимума имеется не менее трех точек, для которых были получены ответы от цели (реальные данные о величине  $\Sigma-\Delta$ ).

Для каждой цели в точке принятия ответа, ближайшей к полученной точке пересечения аппроксимирующих прямых, проверяется выполнение условия  $\Sigma-D > 4\text{дБ}$ . Если условие не выполняется, то цель в результатах опознавания не выдается.

40 Вычислительное устройство запросчика пересчитывает координаты, включающие измеренный азимут в соответствии с пространственным положением цели, ориентацией носителя и выдает азимут с признаком его достоверности отдельно по каждой цели в результатах опознавания.

45 Таким образом, предлагаемый способ измерения азимута цели позволяет существенно повысить точность пеленгации цели за счет снижения влияния на пеленгационную характеристику искажающих ее факторов - погрешности измерения амплитуды, ограничения чувствительности приемных каналов, пропуска (отсутствия) сигналов.

## (57) Формула изобретения

Способ определения азимута цели с помощью линейно-аппроксимированной пеленгационной характеристики, включающий обработку запомненной полной азимутальной последовательности сигналов с выхода моноимпульсной антенной системы, отличающийся тем, что последовательно проводится интерполяция отсутствующих данных, усреднение в скользящем окне полученной пеленгационной характеристики, вычисление двух аппроксимирующих прямых слева и справа от точки максимума пеленгационной характеристики, при этом азимут, соответствующий точке пересечения этих прямых, является вычисленным азимутом цели.

15

20

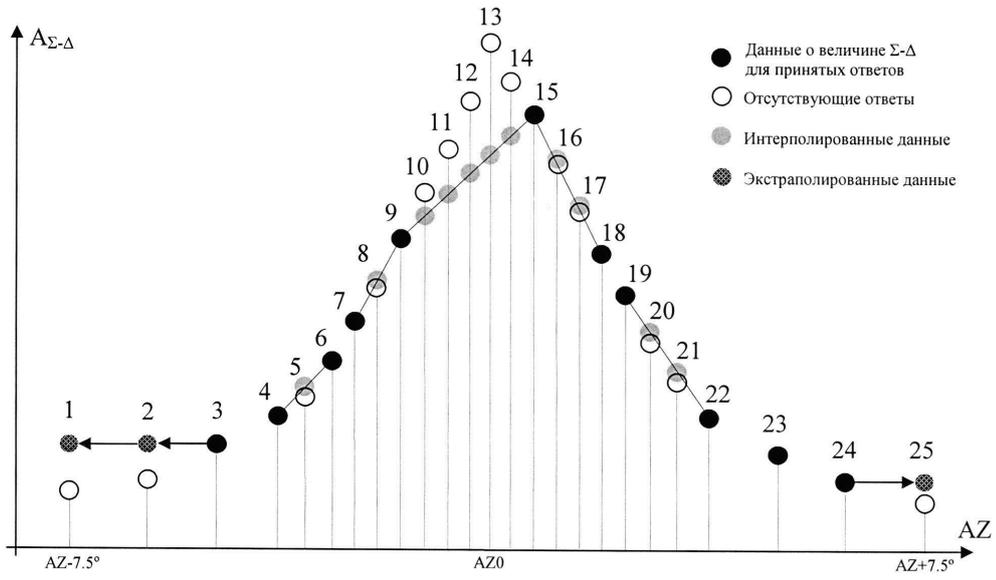
25

30

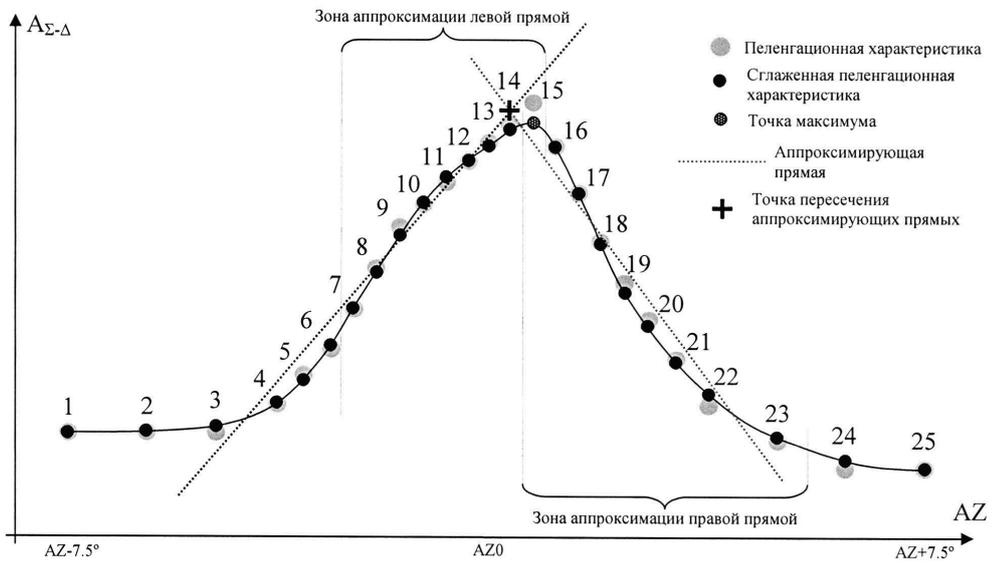
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2