



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01S 3/46 (2018.08); *G01S 2013/462* (2018.08); *G01S 13/48* (2018.08); *G01S 13/72* (2018.08); *G01S 13/74* (2018.08); *G01S 7/41* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017122906, 27.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.06.2017Дата регистрации:
05.02.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.06.2017

(43) Дата публикации заявки: 27.12.2018 Бюл. № 36

(45) Опубликовано: 05.02.2019 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

170039, г. Тверь, ул. Хромова, 25, кв. 188,
Колбаско Ивану Васильевичу

(72) Автор(ы):

Юрьев Игорь Анатольевич (RU),
Фесенко Максим Владимирович (RU),
Колбаско Иван Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Колбаско Иван Васильевич (RU)

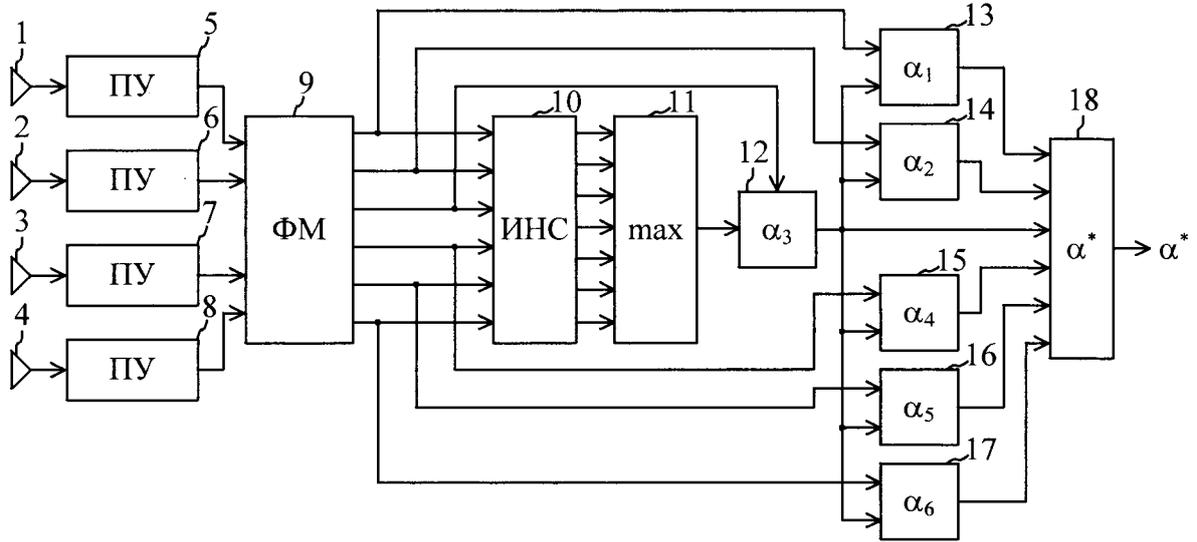
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ДЕНИСОВ П.В., ДУБИНИН Д.В. Фазовые пеленгаторы. Монография. Томск, ТГУСУР, 2002, с.125-126. RU 2412451 С1, 20.02.2011. RU 82045 U1, 10.04.2009. UA 9979 А, 30.09.1996. US 5768477 А, 16.06.1998. JP 2011242182 А, 01.12.2011. WO 2005045459 А3, 07.07.2005.

(54) ОДНОМЕРНЫЙ ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕЛЕНГАТОР НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к системам однопозиционной пеленгации источников радиоизлучения (ИРИ) и может быть использовано в системах и комплексах пассивной радиолокации и радиотехнической разведки наземного, воздушного и космического базирования. Достижимый технический результат - повышение быстродействия фазового пеленгатора. Указанный результат достигается за счет того, что одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор состоит из антенн, соединенных с приемными устройствами, фазометра, выход которого соединен с входами приемных устройств, искусственной нейронной сети, входы которой соединены с выходами фазометра, а выходы с входами блока определения номера входа с

максимальным значением сигнала, выход которого соединен с первым входом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы, второй вход которого соединен с выходом фазометра, формирующего разность фаз для максимальной измерительной базы, при этом первые входы блоков однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной соединены с выходами фазометра, а вторые с выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы, входы блока уточнения пеленга соединены с выходами блоков однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной и выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы. 11 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01S 3/46 (2018.08); G01S 2013/462 (2018.08); G01S 13/48 (2018.08); G01S 13/72 (2018.08); G01S 13/74 (2018.08); G01S 7/41 (2018.08)

(21)(22) Application: **2017122906, 27.06.2017**

(24) Effective date for property rights:
27.06.2017

Registration date:
05.02.2019

Priority:

(22) Date of filing: **27.06.2017**

(43) Application published: **27.12.2018** Bull. № 36

(45) Date of publication: **05.02.2019** Bull. № 4

Mail address:

**170039, g. Tver, ul. Khromova, 25, kv. 188,
Kolbasko Ivanu Vasilevichu**

(72) Inventor(s):

**Yurev Igor Anatolevich (RU),
Fesenko Maksim Vladimirovich (RU),
Kolbasko Ivan Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Kolbasko Ivan Vasilevich (RU)

(54) **ONE-DIMENSIONAL WIDE-BAND-PHASE UNIQUE-BASED ON THE BASIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

(57) Abstract:

FIELD: radar ranging and radio navigation.

SUBSTANCE: invention relates to single-station direction finding systems of radio emission sources (RES) and can be used in systems and complexes of passive radiolocation and electronic reconnaissance of land, air and space-based. Result is achieved due to the fact that the one-dimensional multi-band phase direction finder consists of antennas connected to receiving devices, a phase meter, the output of which is connected to the inputs of receiving devices, artificial neural network, the inputs of which are connected to the outputs of the phase meter, and outputs with the inputs of the input number determination unit with the maximum value of the signal, the output of which is connected to the first input of the unique evaluation unit bearing for the maximum measuring base, the

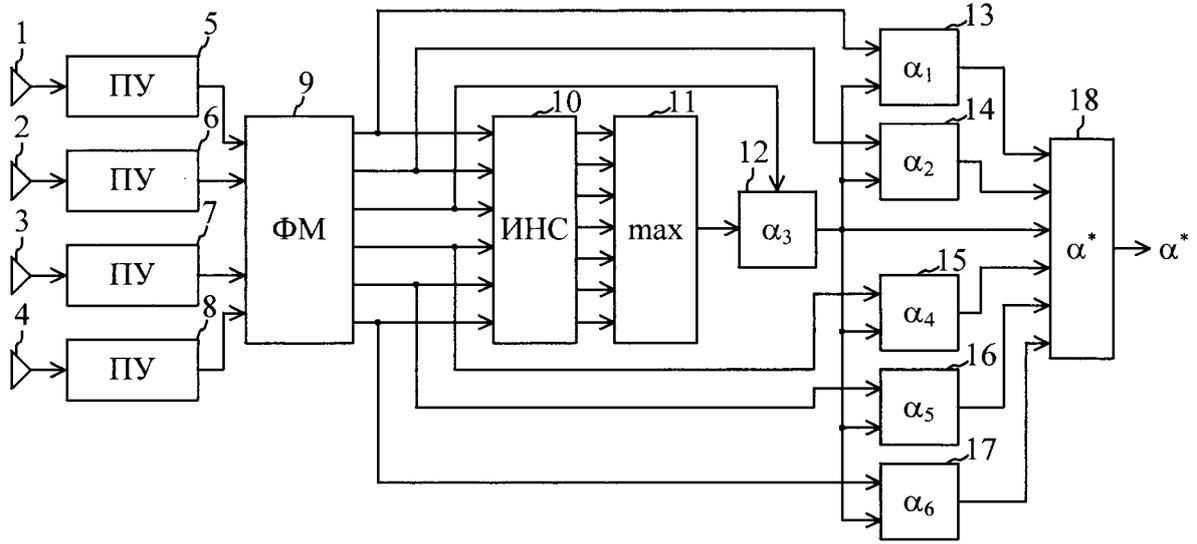
second input of which is connected to the output of the phase meter forming the phase difference for maximum measuring base, at the same time, the first inputs of the unambiguous assessment unit for the measuring bases smaller than the maximum are connected to the outputs of the phase meter, and the second inputs are connected to the output of the unambiguous assessment unit for the maximum measuring base, inputs of the bearing refinement unit are connected to the outputs of the unambiguous bearing assessment unit for measuring bases smaller than the maximum one and the output of the unambiguous bearing assessment unit for the maximum measuring base.

EFFECT: increase in the speed of the phase direction finder.

1 cl, 11 dwg

RU 2 679 005 C2

RU 2 679 005 C2



Фиг. 1

Устройство относится к области радиотехники и, конкретно, к системам однопозиционной пеленгации источников радиоизлучения (ИРИ). Устройство может быть использовано в системах и комплексах пассивной радиолокации и радиотехнической разведки наземного, воздушного и космического базирования.

5 Известен фазовый пеленгатор (ФП) реализующий метод максимального правдоподобия [1, с. 125-126]. ФП состоит из антенн, приемных устройств, фазометров, устройства устранения неоднозначности, сумматора и вычислителя пеленга.

Работа ФП производится в следующей последовательности. Сигналы, принятые антеннами, поступают в приемные устройства, где выполняется необходимое усиление, 10 ограничение амплитуды и преобразование частоты. Частота и амплитуда выходных сигналов приемников должны быть такими, чтобы обеспечить нормальную работу фазометров. Совокупность значений разностей фаз на выходах фазометров представляет собой вектор разностей фаз, размерность которого определяется числом измерительных баз. Под измерительной базой ФП понимается расстояние между фазовыми центрами 15 пары антенн. Вектор разностей фаз поступает в устройство устранения неоднозначности, которое формирует целочисленные фазовые добавки к каждой разности фаз (целочисленный вектор). Сумматор на основе целочисленного вектора, сформированного устройством устранения неоднозначности, и вектора разностей фаз формирует совокупность полных разностей фаз. Вычислитель пеленга по совокупность 20 полных разностей фаз оценивает пеленг на ИРИ.

Устранение неоднозначности определения пеленга производится методом максимального правдоподобия, состоящем в последовательном сравнении измеренного фазометрами вектора разностей фаз с каждым из векторов неоднозначности, которые 25 могут иметь место в данном пеленгаторе, и выборе целочисленного вектора, наиболее близкого измеренному. Техническая реализация метода максимального правдоподобия в ФП связана с необходимостью априорного расчета (либо расчета в реальном времени) всех векторов неоднозначности, которые могут иметь место в данном пеленгаторе и значительных затратах времени на поиск максимально правдоподобного значения 30 путем полного последовательного перебора всех вариантов. Для многих радиотехнических систем, работающих в реальном времени, данные затраты времени не приемлемы.

В качестве аналога выбран ФП с устранением неоднозначности измерений методом максимального правдоподобия [1, с. 125-126].

Техническим результатом изобретения является повышение быстродействия ФП. 35 Технический результат достигается использованием в составе ФП искусственной нейронной сети (ИНС) для устранения неоднозначности измерений. ИНС обеспечивает более высокое быстродействие, чем метод максимального правдоподобия, однако, ИНС имеет существенный недостаток, заключающийся в необходимости ее обучения (переобучения) при изменении несущей частоты (длины волны). Данный недостаток 40 преодолен следующим образом. ИНС обучается устранению неоднозначности измерений для верхней частоты рабочего диапазона (минимальной длины волны). Пеленгование ИРИ с частотой ниже максимальной, приводит к увеличению ширины зон однозначных измерений и уменьшению их числа, что учитывается при оценке пеленга, получаемого максимальной измерительной базой. Полученная максимальной измерительной базой 45 однозначная оценка пеленга используется для устранения неоднозначности пеленгования остальными измерительными базами.

Предложенный одномерный широкодиапазонный ФП на основе ИНС (Фиг. 1) состоит из антенн 1-4, соединенных с входами приемных устройств (ПУ) 5-8, и фазометра

(ФМ) 9, входы которого соединены с выходами ПУ 5-8, отличается тем, что содержит ИНС 10, входы которой соединены с выходами ФМ 9, а выходы с входами блока определения номера входа с максимальным значением сигнала $\max 11$, выход которого соединен с первым входом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы α_3 12, второй вход блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы соединен с выходом ФМ 9, формирующего разность фаз для максимальной измерительной базы, блоков однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ 13-17, первые входы которых соединены с выходами ФМ 9, а вторые с выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы α_3 12, блока уточнения пеленга α^* 18, входы которого соединены с выходами блоков однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ 13-17 и выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы α_3 12.

Антенны 1-4 образуют шесть измерительных баз $b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}$ и b_{34} (Фиг. 2).

ФМ 9 рассчитывает вектор разностей фаз $\Delta\vartheta$ сигналов d_{1-4} , поступающих с выходов ПУ 5-8. Элементами вектора разностей фаз $\Delta\vartheta$ являются разности фаз измерительных баз $b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}$ и b_{34} . ФМ 9 состоит из шести идентичных блоков вычисления разностей фаз Δ_{1-6} 9.1-9.6 (Фиг. 3).

ИНС 10 типа персептрон имеет входы (по числу измерительных баз) и выходы. ИНС 10 (Фиг. 4) имеет один распределительный слой из нейронов (а), промежуточный слой из нейронов (б) и выходной слой из нейронов (с). На вход ИНС 10 с выхода ФМ 9 поступает вектор разностей фаз $\Delta\vartheta$. Нейроны (а) входного слоя выполняют функцию распределения сигналов между нейронами (б) промежуточного слоя. Структура ИНС 10 показана на Фиг. 4. Число входов ИНС 10 определяется числом элементов вектора разностей фаз $\Delta\vartheta$. Число нейронов (б) промежуточного слоя выбирается опытным путем по критерию работоспособности ФП. Число нейронов (с) выходного слоя выбирается равным числу зон однозначного измерения угла пеленгования для максимальной измерительной базы b_{14} в секторе пеленгования Δ_α , при минимальной длине волны λ_{\min} . Пример зон однозначного измерения угла пеленгования для максимальной измерительной базы приведен на фиг. 5. На фиг. 5 зоны однозначного измерения угла обозначены $\Delta\beta_{1-7}$, где индекс соответствует номеру зоны, а сектор пеленгования Δ_α от -80° до 80° .

Блок определения номера входа с максимальным значением сигнала $\max 11$ работает по принципу полного последовательного перебора всех числовых значений, поиска наибольшего из них и формирования номера входа с максимальным значением сигнала, соответствующим целочисленной фазовой добавке к разности фаз, измеренной максимальной измерительной базы b_{14} .

Блок однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы α_3 12 производит оценку пеленга в соответствии с выражением

$$\alpha_3 = \arcsin\left(-\frac{\lambda(n-2u+1)}{n} - \frac{\lambda\Delta\varphi_3}{2\pi b_{14}}\right), \quad (1)$$

где λ - длина волны принимаемых сигналов;

u - номер выхода ИНС 10, имеющего максимальное значение сигнала;

n - число выходов ИНС 10.

Блоки однозначной оценки пеленгов для измерительных баз меньших максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ и 13-17 являются идентичными. Структурная схема блока оценки пеленга для измерительной базы меньше максимальной α_1 13 приведена на Фиг. 6. Блок состоит

из k вычислителей параметра z 13.1-13.5, k сумматоров 13.6-13.10, блока определения номера входа с минимальным значением сигнала \min 13.11 и мультиплексора МХ 13.12.

$$z_v = \arcsin \left(\frac{\Delta\varphi_r \lambda}{2\pi b_{ij}} - \frac{\lambda \left(v - \frac{k+1}{2} \right)}{b_{ij}} \right), \quad (2)$$

где v - номер блока вычислителя параметра z ;

$\Delta\varphi_r$ - разность фаз с выхода r ФМ 9;

b_{ij} - измерительная база, соответствующая разности фаз $\Delta\varphi_r$.

Блок определения номера входа с минимальным значением сигнала \min 13.11 работает по принципу полного последовательного перебора всех числовых значений, поиска наименьшего из них и формирования номера входа с минимальным значением сигнала.

Мультиплексор МХ 13.12 имеет k входов данных, один (многоадресный) адресный вход и один выход. На выход мультиплексора поступает сигнал с входа, соответствующего адресу.

С выхода мультиплексора МХ 13.12 оценка пеленга поступает на выход блока однозначной оценки пеленга для измерительной базы меньше максимальной α_1 13.

Блок уточнения пеленга α^* 18 производит совместную обработку оценок пеленгов для всех измерительных баз с целью повышения точности пеленгования. Структурная схема блока приведена на фиг. 7.

Блок уточнения пеленга α^* 18 состоит из шести (по числу измерительных баз) входных умножителей 18.1-18.6, сумматора 18.7 и выходного умножителя 18.8.

На первый вход каждого входного умножителя 18.1-18.6 поступают оценки пеленгов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$. На вторые входы каждого входного умножителя 18.1-18.6 поступают весовые коэффициенты w_i рассчитываемые в соответствии с выражением

$$w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}, \quad (3)$$

где σ_i - СКО измерения разности фаз i - ой измерительной базой.

Выходной умножитель 18.8 производит нормировку входного сигнала путем его умножения на весовой коэффициент q , рассчитываемый в соответствии с выражением

$$q = \sum_{i=1}^6 \frac{1}{\sigma_i^2}. \quad (4)$$

На фиг. 1 приведена структурная схема одномерного широко диапазонного ФП на основе ИНС. На фиг. 1 обозначены:

1-4 - антенны;

5-8 - приемные устройства (ПУ);

9 - фазометр (ФМ);

10 - искусственная нейронная сеть (ИНС);

11 - блок определения номера входа с максимальным значением сигнала (max);

12 - блок однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы α_3 ;

5 13-17 блоки однозначной оценки пеленгов для измерительных баз меньших максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \text{ и } \alpha_6$;

18 - блок уточнения пеленга α^* .

10 На фиг. 2 приведено взаимное расположение антенн 1-4 ФП и обозначение измерительных баз. Антенны 1-4 расположены на одной прямой. Выходы антенн 1-4 соединены с входами ПУ 5-8.

На фиг. 3 приведена структурная схема ФМ 9. На входы ФМ 9 поступают сигналы d_{1-4} с выходов ПУ 5-8. ФМ формирует разности фаз $\Delta\phi_{1-6}$. На фиг. 3 обозначены:

9.1-6 - блоки вычисления разностей фаз.

15 На фиг. 4 приведена структура ИНС 10. ИНС 10 имеет шесть входов, на которые поступают элементы вектора разностей фаз $\Delta\theta$. ИНС 10 состоит их шести нейронов (а) распределительного слоя, m нейронов (б) промежуточного слоя и n нейронов (с) выходного слоя. Сигналы на выходах ИНС 10 обозначены s_{1-n} .

20 На фиг. 5 приведен пример зон однозначного измерения угла пеленгования для максимальной измерительной базы. На фиг. 5 зоны однозначного измерения угла обозначены $\Delta\beta_{1-7}$, где индекс соответствует номеру зоны.

На фиг. 6 приведена структурная схема блока оценки пеленга для измерительной базы меньше максимальной α_1 13. На фиг. 6 обозначены:

25 13.1-13.5 - вычислители параметра z;

13.6-13.10 - сумматоры;

13.11 - блок определения номера входа с минимальным значением сигнала (min);

13.12 - мультиплексор МХ.

30 На фиг. 7 приведена структурная схема блока уточнения пеленга α^* 18. На фиг. 7 обозначены:

18.1-18.6 - входные умножители;

18.7 - сумматор;

18.8 - выходной умножитель.

35 На фиг. 8, 9 и 10 приведены зависимости ошибок пеленгования ИРИ от истинного пеленга ИРИ для частот 300, 150 и 30 МГц соответственно.

Реализация широкодиапазонного ФП на основе ИНС рассмотрена на примере со следующими техническими характеристиками:

измерительные базы: $b_{14}=3.5$ м, $b_{12}=1$ м, $b_{13}=2.5$ м, $b_{23}=1.5$ м, $b_{24}=2.5$ м, $b_{34}=1$ м;

диапазон длин волн: 1-10 м;

40 ошибка (средне квадратическое отклонение) значений фаз на входах ФМ 9: 5° ;

число входов ИНС 10: 6;

число нейронов промежуточного слоя ИНС 10: 20;

ширина спектра пеленгуемых сигналов 100 кГц;

число выходов ИНС 10: 7;

45 диапазон углов пеленгования: от -80° до 80° .

ПУ 5-8 могут перестраиваться в диапазоне частот от 30 до 300 МГц. Мгновенные полосы пропускания ПУ 5-8 согласованы с шириной спектра сигнала пеленгуемого ИРИ.

Обучение ИНС 10 проведено однократно на этапе разработки пеленгатора. При работе пеленгатора в заданном частотном диапазоне переобучение ИНС 10 не требуется. В рассматриваемом примере обучение ИНС 10 проведено для длины волны 1 м (частота 300 МГц) в диапазоне углов пеленгования от -80° до 80° .

5 Для обучения ИНС 10 использован набор обучающих выборок, состоящий из двух составляющих: входной и целевой. Входная составляющая представляет собой варианты разностей фаз, подаваемых на входы ИНС для заданных значений углов пеленгования, а целевая - желаемое состояние выходов ИНС 10, соответствующее входным данным. Поскольку задачей, решаемой ИНС 10 в ФП, является устранение неоднозначности
10 измерений для максимальной измерительной базы, целевая составляющая набора обучающих выборок представляет собой набор бинарных значений, в каждой обучающей выборке которого только один из семи (по числу выходов ИНС) элементов принимает значение «1», а значения остальных элементов равны «0». При обучении значение «1» присутствует на выходе ИНС 10, соответствующем номеру сектора
15 однозначного измерения (от 1 до 7). На фиг. 8 показано соответствие одного из элементов входного вектора обучающей выборки m_3 (разность фаз для измерительной базы b_{14}) элементам ψ_{1-7} целевого вектора в диапазоне углов пеленгования от -80° до 80° . Качество обучения ИНС 10 зависит от числа обучающих выборок (в рассмотренном примере обучение ИНС 10 произведено по 1000 выборок). При подаче на входы
20 обученной ИНС 10 вектора разностей фаз $\Delta\vartheta$ на ее выходах формируются значения (амплитуды) сигналов s_{1-7} . Номер выхода ИНС 10 с максимальным значением (амплитудой) сигнала соответствует номеру наиболее вероятного сектора однозначного измерения пеленга (целочисленной фазовой добавке).

25 Работа широкодиапазонного ФП на основе ИНС производится в следующей последовательности.

ПУ 5-8 настраиваются на частоту пеленгуемого ИРИ (в рассматриваемом примере в диапазоне от 30 до 300 МГц). Сигналы, принятые антеннами 1-4 поступают в ПУ 5-8. С выходов ПУ 5-8 сигналы поступают в ФМ 9, на выходе которого формируется
30 вектор разностей фаз $\Delta\vartheta$. Элементы вектора разностей фаз $\Delta\varphi_{1-6}$ поступают на входы ИНС 10. На выходах ИНС 10 формируются значения (амплитуды) сигналов s_{1-7} , которые поступают в блок определения номера входа с максимальным значением сигнала $\max 11$. Блок определения номера входа с максимальным значением сигнала $\max 11$ формирует номер выхода ИНС 10 u , имеющего максимальное значение (амплитуду)
35 сигнала. Значение u соответствует целочисленной фазовой добавке к разности фаз, измеренной максимальной измерительной базы b_{14} . В рассматриваемом примере u может принимать значения от 1 до 7 включительно. Значение u поступает в блок однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы $\alpha_3 12$, на второй
40 вход которого поступает разность фаз $\Delta\varphi_3$. Блок однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы $\alpha_3 12$ в соответствии с (1) производит оценку пеленга α_3 для максимальной измерительной базы b_{14} .

На первые входы блоков оценки пеленга для измерительных баз меньше максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5$, и $\alpha_6 13-17$ подаются значения разностей фаз $\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2, \Delta\varphi_4,$
45 $\Delta\varphi_5$ и $\Delta\varphi_6$ соответственно. На вторые входы этих блоков подается оценка пеленга α_3 для максимальной измерительной базы b_{14} .

Поскольку блоки однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших

максимальной $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5$, и α_6 13-17 являются идентичными, их работа рассмотрена примере блока α_1 13.

Разность фаз $\Delta\phi_1$ поступившая на вход блока α_1 13 подается в каждый из пяти вычислителей параметра z 13.1-5, которые производят вычисление параметра z в соответствии с (2).

Вычисленные параметры z поступают на сумматоры 13.6-13.10, где суммируются с оценкой пеленга α_3 . Пять полученных числовых значений с выходов сумматоров 13.6-10 поступают на входы блока определения номера входа с минимальным значением сигнала \min 13.11, на выходе которого формируется оценка номера входа с наименьшим значением сигнала. Сформированное блоком 13.11 значение используется в качестве адреса для мультиплексора МХ 13.12, который коммутирует один из своих входов, соответствующему адресу, с выходом. Выходной сигнал мультиплексора 13.12 является выходным сигналом блока 13 и оценкой пеленга α_1 для измерительной базы b_{12} . Оценка пеленга блоками 14-17 происходит аналогично.

Полученные оценки пеленга $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ поступают в блок уточнения пеленга α^* 18, где производится их суммирование с весовыми коэффициентами, рассчитываемыми в соответствии с (3), и взвешивание полученной суммы весовым коэффициентом, рассчитываемым в соответствии с (4).

Выходной сигнал блока уточнения пеленга α^* 18 является выходным сигналом ФП и представляет собой оценку пеленга α^* .

Результаты работы ФП в виде зависимостей ошибок пеленгования ИРИ от истинного пеленга ИРИ приведены на фиг. 9, 10 и 11 для частот 300, 150 и 30 МГц соответственно.

Как видно из фиг. 9, 10 и 11 ФП способен пеленговать ИРИ в широком диапазоне частот без ошибок неправильного устранения неоднозначности.

Оценка выигрыша в быстродействии одномерного широкодиапазонного фазового пеленгатора на основе искусственной нейронной сети в сравнении с прототипом проведена методом имитационного моделирования на одной персональной ЭВМ при одном наборе входных данных. Выигрыш в быстродействии в рассмотренном примере составил более 23 раз. Данный технический результат может быть дополнительно повышен за счет распараллеливания вычислений при работе ИНС 10.

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети отличается от аналога использованием ИНС для устранения неоднозначности измерений пеленга. Техническим результатом изобретения является повышение быстродействия фазового пеленгатора без снижения других характеристик устройства.

Литература

1. Денисов П.В., Дубинин Д.В. Фазовые пеленгаторы: Монография. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2002.

(57) Формула изобретения

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети, состоящий из антенн, соединенных с входами приемных устройств, и фазометра, входы которого соединены с выходами приемных устройств, отличающийся тем, что содержит искусственную нейронную сеть, входы которой соединены с выходами фазометра, а выходы с входами блока определения номера входа с максимальным значением сигнала, выход которого соединен с первым входом блока однозначной

оценки пеленга для максимальной измерительной базы, второй вход блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы соединен с выходом фазометра, формирующего разность фаз для максимальной измерительной базы, содержит также блоки однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной, 5 первые входы которых соединены с выходами фазометра, а вторые с выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы, блок уточнения пеленга, входы которого соединены с выходами блоков однозначной оценки пеленга для измерительных баз меньших максимальной и выходом блока однозначной оценки пеленга для максимальной измерительной базы.

10

15

20

25

30

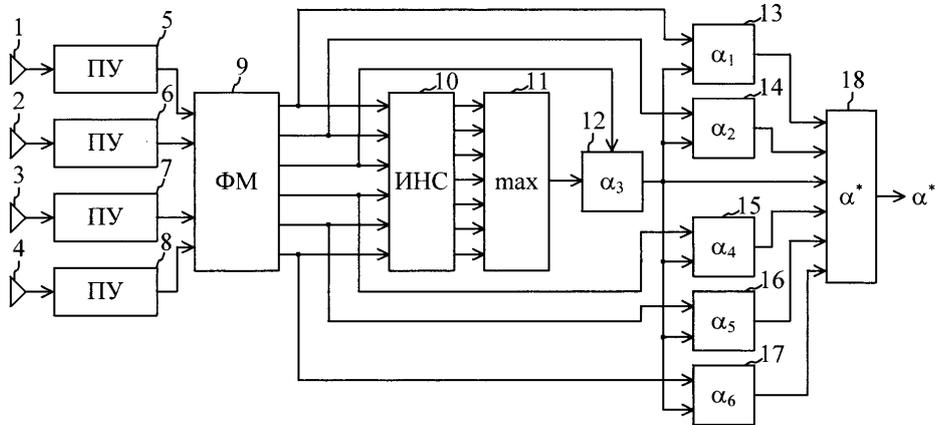
35

40

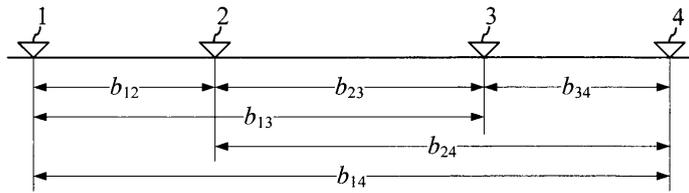
45

1

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети



Фиг. 1

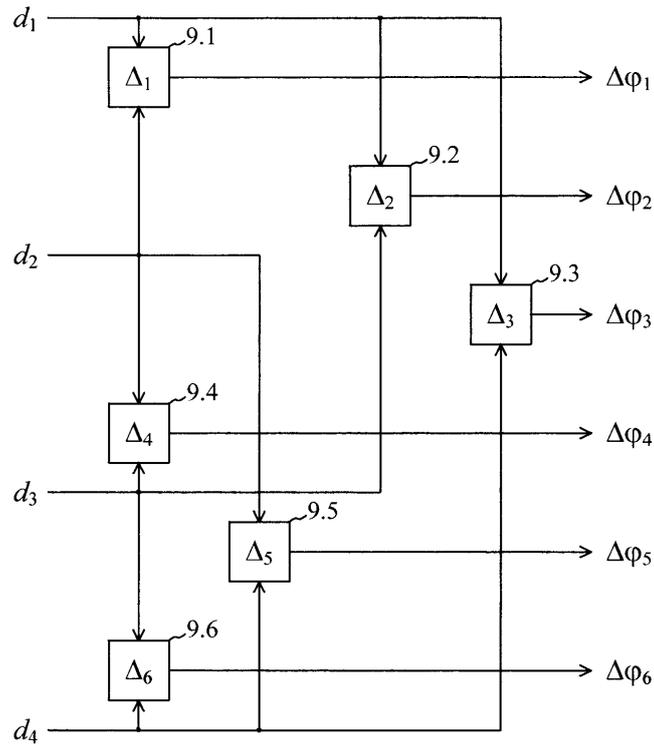


Фиг. 2

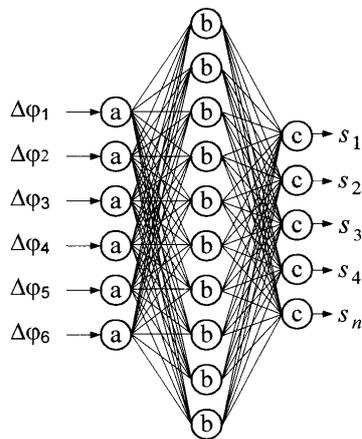
1

2

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети

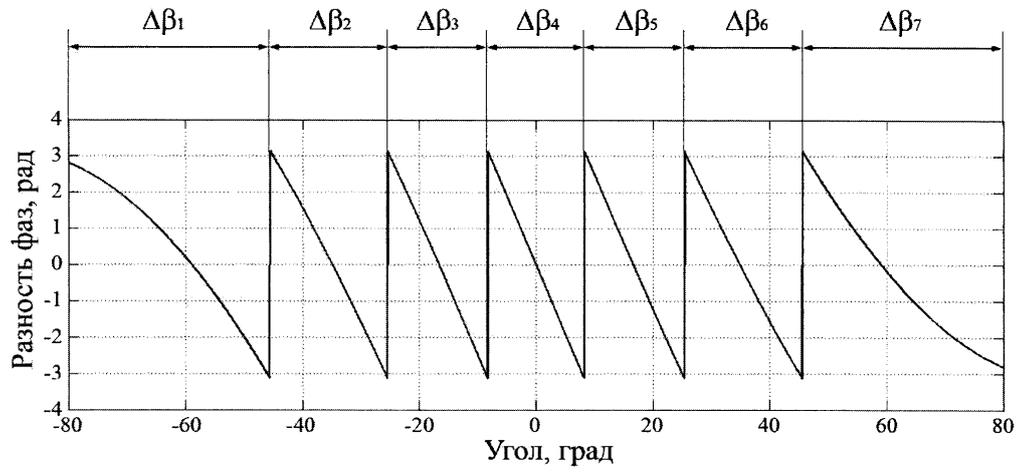


Фиг. 3

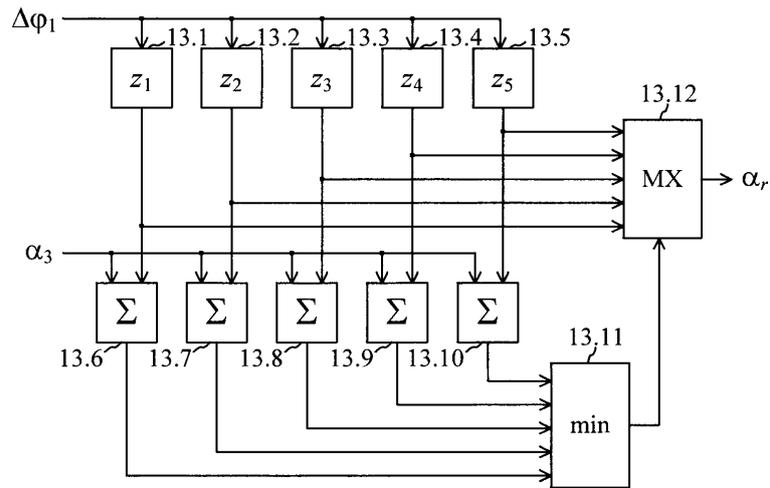


Фиг. 4

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети

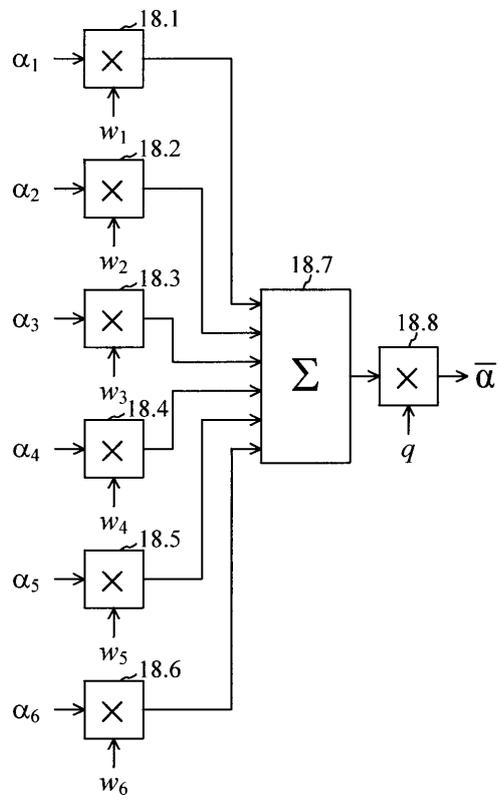


Фиг. 5



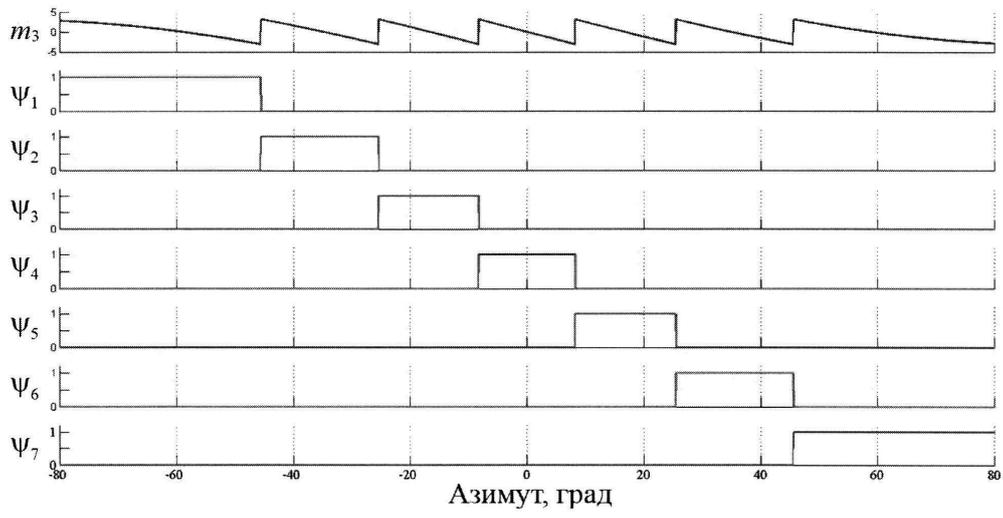
Фиг. 6

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети

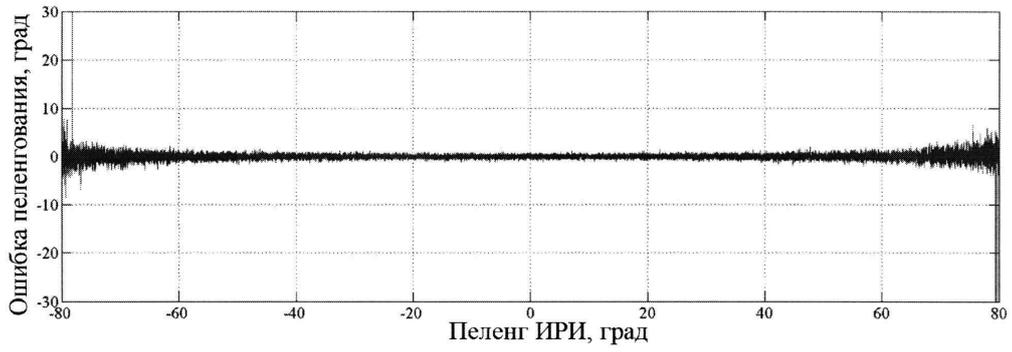


Фиг. 7

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети

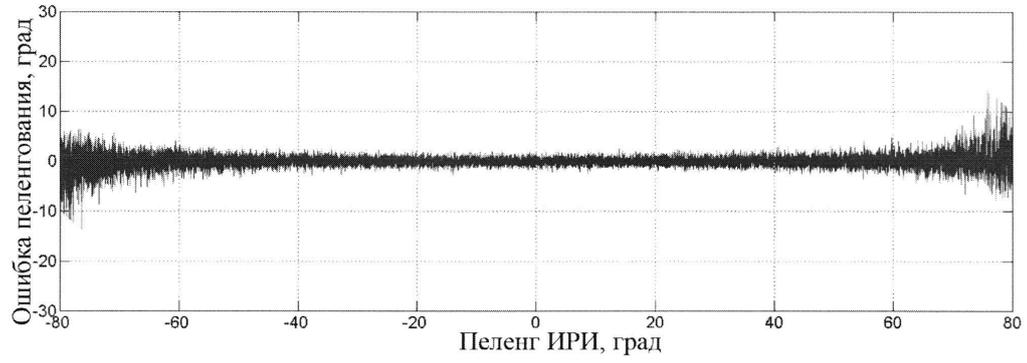


Фиг. 8

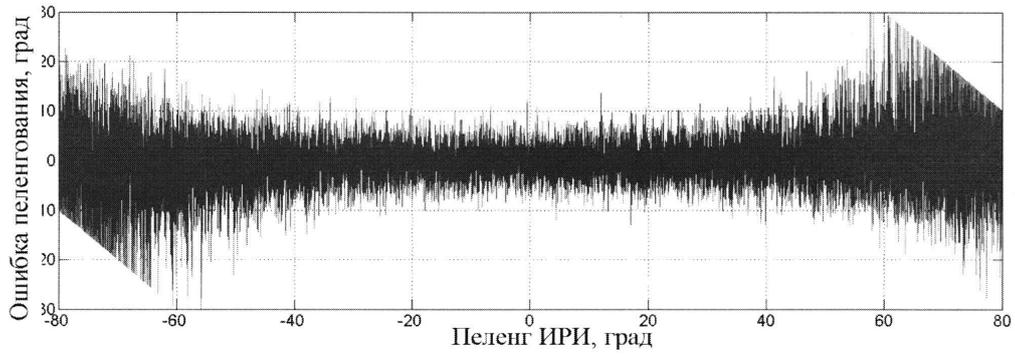


Фиг. 9

Одномерный широкодиапазонный фазовый пеленгатор на основе искусственной нейронной сети



Фиг. 10



Фиг. 11