

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13047

(13) U

(46) 2022.12.30

(51) МПК

G 01S 13/42 (2006.01)

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛЬНОГО ПОРТРЕТА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

(21) Номер заявки: u 20220108

(22) 2022.05.12

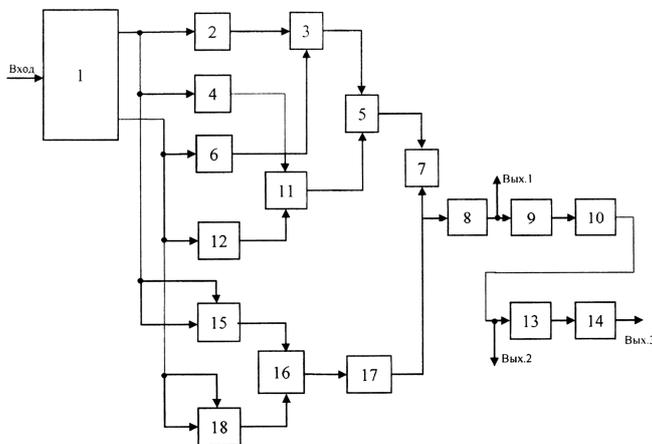
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Забеньков Игорь Иванович; Архипенков Дмитрий Владимирович; Свирид Максим Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Устройство для измерения параметров сигнального портрета радиолокационной станции с линейной частотной модуляцией, содержащее входную часть, первый выход которой соединен со входом первой линии задержки, выход которой соединен с первым входом первого перемножителя, выход которого соединен с первым входом первого сумматора, выход которого соединен с первым входом второго перемножителя, первый выход входной части соединен со входом первого дифференциатора, выход которого соединен с первым входом третьего перемножителя, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора, первый выход входной части соединен с первым и вторым входом пятого перемножителя, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора, выход которого соединен со вторым входом инвертора, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора, второй выход входной части соединен со входом второго дифференциатора, выход которого соединен со вторым входом первого перемножителя,



Фиг. 1

второй выход входной части также соединен со входом второй линии задержки, выход которой соединен со вторым входом третьего перемножителя, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора, второй выход выходной части соединен с первым и вторым входами четвертого перемножителя, выход которого соединен с входом второго сумматора, отличающееся тем, что выход второго перемножителя соединен со входом фильтра нижних частот, который имеет первый выход, являющийся выходом идентификационных параметров: верхней, средней и нижней частот ЛЧМ радиосигнала, диапазона рабочих частот, ширины спектра ЛЧМ радиосигнала, выход фильтра нижних частот соединен со входом дециматора, выход которого соединен со входом третьего дифференциатора, выход которого является вторым выходом идентификационного параметра знака и модуля крутизны частотной модуляции сигнала, выход третьего дифференциатора соединен со входом компаратора, выход которого соединен со входом четвертого дифференциатора, выход которого является третьим выходом идентификационного параметра длительности и периода повторения модулирующего сигнала.

(56)

1. БАЙЛОВ В.В. и др. Средства радиоэлектронного наблюдения. Таганрог: Изд-во ТТИ, 2009, 104 с.

2. ЛАЙОНС Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. Москва: ООО "Бином-Пресс", 2006. 656 с.

---

Полезная модель относится к области радиолокационного мониторинга и может быть полезна при распознавании параметров сигнального портрета радиолокационных средств (РЛС), использующих частотно-модулированный сигнал с линейным законом изменения модулирующего напряжения (ЛЧМ).

К сигнальным параметрам РЛС с ЛЧМ относятся верхняя, средняя и нижняя частоты ЛЧМ радиосигнала, диапазон рабочих частот, ширина спектра ЛЧМ радиосигнала, знак и модуль крутизны модулированного сигнала как приращение частоты сигнала в единицу времени (далее крутизна), длительность и период повторения импульса модулирующего сигнала.

Известно устройство [1] для измерения мгновенной частоты, содержащее входную часть, соединенную с делителем мощности, первый выход которой соединен с линией задержки, а второй выход соединен со вторым входом фазового коррелятора, первый вход которого соединен с выходом линии задержки, а выход соединен со схемой вычисления.

В этом устройстве измеряются диапазон рабочих частот, ширина спектра ЛЧМ радиосигнала, верхняя, средняя и нижняя частоты ЛЧМ радиосигнала путем равенства фазы сигнала с фазой этого же сигнала, прошедшего через линию задержки, и производится нахождение мгновенной частоты путем вычисления по алгоритму:

$$f = \frac{c \cdot \arctg\left(\frac{Y}{X}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \sqrt{\xi}},$$

где  $c$  - скорость света;

$Y, X$  - входные сигналы фазового коррелятора;

$L$  - фазовая длина линии задержки;

$\xi$  - диэлектрическая проницаемость линии задержки.

Недостатками устройства являются узкий диапазон измеряемых частот из-за ограниченных параметров линии задержки и отсутствие возможности измерения знака и модуля крутизны модулирующего сигнала, его периода повторения и длительности импульса.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является устройство [2, с. 542], содержащее входную часть, на вход которой подается входной аналитический сигнал, а на выходе получают два квадратурных сигнала, каждый из которых обрабатывается параллельными каналами, состоящими из двух дифференциаторов, двух линий задержки, двух перемножителей, выходы которого соединены со входами первого сумматора, выход которого соединен с первым входом третьего перемножителя. Квадратурные входные сигналы также поступают на два перемножителя и последующий сумматор, соединенный через инвертор со вторым входом третьего перемножителя, выход которого является выходом устройства. Устройство позволяет измерять диапазон рабочих частот, ширину спектра ЛЧМ радиосигнала, верхнюю, среднюю и нижнюю частоты ЛЧМ радиосигнала. Недостатком прототипа является отсутствие возможности измерения знака и модуля крутизны модулированного сигнала, его периода повторения и длительности импульса.

Техническая задача, решаемая данной полезной моделью, - повышение достоверности распознавания РЛС путем измерения параметров ее сигнального портрета: верхней, средней и нижней частот ЛЧМ радиосигнала, диапазона рабочих частот, ширины спектра ЛЧМ радиосигнала, а также знака и модуля крутизны импульса модулированного сигнала, его периода повторения и длительности.

Поставленная задача решается тем, что в устройство для измерения параметров сигнального портрета РЛС с ЛЧМ [2, с. 542], содержащее входную часть, первый выход которой соединен со входом первой линии задержки, выход которой соединен с первым входом первого перемножителя, выход которого соединен с первым входом первого сумматора, выход которого соединен с первым входом второго перемножителя, первый выход входной части соединен со входом первого дифференциатора, выход которого соединен с первым входом третьего перемножителя, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора, первый выход входной части соединен с первым и вторым входом пятого перемножителя, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора, выход которого соединен со входом инвертора, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора, второй выход входной части соединен со входом второго дифференциатора, выход которого соединен со вторым входом первого перемножителя, второй выход входной части также соединен со входом второй линии задержки, выход которой соединен со вторым входом третьего перемножителя, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора, второй выход выходной части соединен с первым и вторым входами четвертого перемножителя, выход которого соединен с входом второго сумматора, отличающееся тем что выход второго перемножителя соединен со входом фильтра нижних частот, который имеет первый выход, являющийся выходом идентификационных параметров: верхней, средней и нижней частот ЛЧМ радиосигнала, диапазона рабочих частот, ширины спектра ЛЧМ радиосигнала, выход фильтра нижних частот соединен со входом дециматора, выход которого соединен со входом третьего дифференциатора, выход которого является вторым выходом идентификационного параметра знака и модуля крутизны частотной модуляции сигнала, выход третьего дифференциатора соединен со входом компаратора, выход которого соединен со входом четвертого дифференциатора, выход которого является третьим выходом идентификационного параметра длительности и периода повторения модулирующего сигнала.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения параметров сигнального портрета РЛС с ЛЧМ.

Устройство содержит входную часть 1, первый выход которой соединен со входом первой линии задержки 2, выход которой соединен с первым входом первого перемножителя 3, выход которого соединен с первым входом первого сумматора 5, выход которого соединен с первым входом второго перемножителя 7, первый выход входной части соединен со входом первого дифференциатора 4, выход которого соединен с первым входом

третьего перемножителя 11, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора 5, первый выход входной части соединен с первым и вторым входом пятого перемножителя 15, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора 16, выход которого соединен со входом инвертора 17, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора 16, второй выход входной части соединен со входом второго дифференциатора 6, выход которого соединен со вторым входом первого перемножителя 3, второй выход входной части также соединен со входом второй линии задержки 12, выход которой соединен со вторым входом третьего перемножителя 11, выход которого соединен со вторым входом первого сумматора 5, второй выход выходной части соединен с первым и вторым входами четвертого перемножителя 18, выход которого соединен с входом второго сумматора 16, что реализует алгоритм (1).

Отличительной особенностью заявляемого устройства является добавление к выходу второго перемножителя 7 фильтра нижних частот 8, выход которого Вых. 1 является первым выходом для измерения верхней, средней и нижней частот ЛЧМ радиосигнала, диапазона рабочих частот, ширины спектра ЛЧМ радиосигнала, выход фильтра нижних частот 8 соединен со входом дециматора 9, выход которого соединен со входом третьего дифференциатора 10, выход которого Вых. 2 является вторым выходом для измерения знака и модуля крутизны модулированного сигнала и соединен со входом компаратора 13, выход которого соединен со входом четвертого дифференциатора 14, выход Вых. 3 которого является третьим выходом для измерения значения длительности и периода повторения модулированного сигнала.

Аналитический сигнал вида (фиг. 2) можно определить через квадратурные составляющие [2] как:

$$a(t) = \sqrt{u^2(t) + v^2(t)},$$

позволяет ввести для него понятие фазы  $\varphi(t)$  фазы мгновенного сигнала как:

$$\varphi(t) = \arctg\left(\frac{v(t)}{u(t)}\right),$$

и мгновенной частоты  $\omega(t)$  сигнала (фиг. 3) как:

$$\omega(t) = \dot{\varphi}(t) = \frac{u(t)\dot{v}(t) - \dot{u}(t)v(t)}{a^2(t)}, \quad (1)$$

где  $u(t)$ ,  $v(t)$  - квадратурные составляющие аналитического сигнала;

$\dot{u}(t)$ ,  $\dot{v}(t)$  - производные квадратурных составляющих.

Квадратурные составляющие аналитического сигнала  $u(t)$ ,  $v(t)$ , получаемые на выходе входной части предлагаемого устройства, обрабатываются во времени  $t$  по алгоритму (1) (в линии задержки 2, первом перемножителе 3, первом дифференциаторе 4, первом сумматоре 5, втором дифференциаторе 6, втором перемножителе 7, пятом перемножителе 15, втором сумматоре 16, инверторе 17, четвертом перемножителе 18) структурной схемы предлагаемой полезной модели, показанной на фиг. 1.

Добавляя в структуру блок 8 ФНЧ, получаем на первом выходе характеристику изменения мгновенной частоты ЛЧМ сигнала  $\omega(t)$  в течение периода модулирующего сигнала, как показано на фиг. 3.

Измерение мгновенной частоты сигнала РЛС должно производиться в течение длительности импульса и усредняться при измерении мгновенной частоты серии импульсов. Разность верхнего  $\omega_{\max}$  и нижнего  $\omega_{\min}$  значений мгновенной частоты в течение одного импульса дает значение ширины спектра ЛЧМ сигнала, а полусумма этих значений определяет среднюю частоту.

# ВУ 13047 U 2022.12.30

Для определения знака и модуля крутизны модулирующего сигнала продифференцируем закон (1) изменения мгновенной частоты во времени:

$$G(t) = \frac{d\omega(t)}{dt},$$

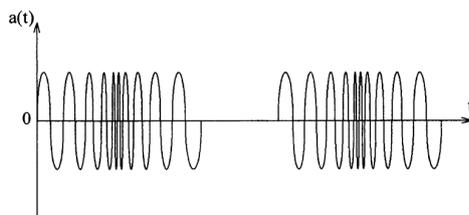
где  $G(t)$  - крутизна модулированного сигнала.

Результат дифференцирования является крутизной изменения мгновенной частоты ЛЧМ сигнала  $G(t)$  и изображен на фиг. 4.

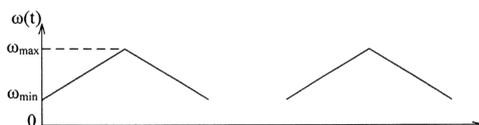
Информация о знаке и модуле крутизны снимается со второго выхода Вых. 2 (фиг. 1). Для выполнения этой операции в структуру устройства (фиг. 1) введены блок ФНЧ 8, дециматор 9 и третий дифференциатор 10. В итоге получаем на втором выходе Вых. 2 значение знака и модуля крутизны ЛЧМ сигнала, которые являются индивидуальными признаками сигнального портрета РЛС.

Для определения длительности и периода повторения модулирующего сигнала в структуру устройства (фиг. 1) введены компаратор 13 и четвертый дифференциатор 14. Результат второго дифференцирования  $G'(t)$  графически показан на фиг. 5 в виде отдельных импульсов. Временной интервал между соседними импульсами первой пачки соответствует полупериоду симметричного закона модуляции ЛЧМ сигнала. Таким образом, на третьем выходе Вых. 3 (фиг. 1) можем измерить временные отсчеты длительности  $\tau_{\text{имп}}$  как временной интервал между первым и вторым импульсами, как показано на фиг. 5, а период повторения  $\lambda_{\text{повт}}$  - как временной интервал между первым и вторым пакетами импульсов.

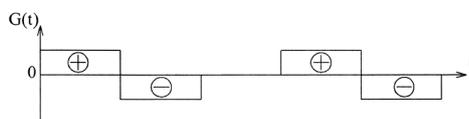
В результате реализации устройства по предложенной полезной модели на ее выходах можно измерять все параметры сигнального портрета РЛС с ЛЧМ законом модуляции: верхнюю, среднюю и нижнюю частоты излучаемого радиосигнала, диапазон рабочих частот, ширину спектра ЛЧМ радиосигнала, знак и модуль крутизны модулированного сигнала, его длительность и период повторения, что позволяет повысить достоверность ее распознавания и идентификации.



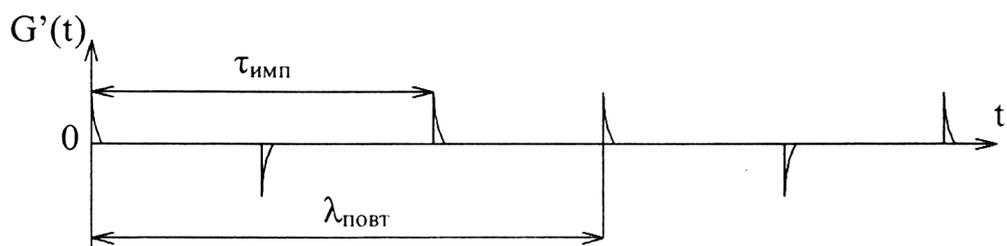
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5