



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31013 (13) U
(51) МПК
G01S 13/52 (2007.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ФАЗОВОГО ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ

1

2

(21) u200711616

(22) 22.10.2007

(24) 25.03.2008

(46) 25.03.2008, Бюл. № 6, 2008 рік

(72) ЧЕЛПАНОВ ВОЛОДИМИР ВАЛЕНТИНОВИЧ,
UA, ШМАТКОВ СЕРГІЙ ІГОРОВИЧ, UA,
ЛАЗУТСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ, UA
(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ
СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА, UA

(56)

(57) Пристрій фазового виявлення цілей, що
містить послідовно з'єднані блок попередньої
обробки, блок фазовимірювача, блок
обчислювання розкиду фаз та пороговий блок,
який **відрізняється** тим, що додатково введені

блок віднімання, послідовно з'єднані блок
вимірювання дальності і блок формування
імпульсів запуску та вузол цифрового корелятора
у складі послідовно з'єднаних блока пам'яті, блока
корелятора та блока аналізу, при цьому вхід блока
вимірювання дальності з'єднаний з другим
виходом блока попередньої обробки, а вихід блока
формування імпульсів запуску з'єднаний з другим
входом блока фазовимірювача, вхід блока
віднімання з'єднаний з виходом блока
фазовимірювача, а вихід - із входами блока
обчислювання розкиду фаз та блока пам'яті,
входом пристрою є вхід блока попередньої
обробки, а виходами - виходи порогового блока та
блока аналізу.

Запропонована корисна модель відноситься
до галузі радіолокації і може бути використана для
виявлення цілей на фоні пасивних завад в умовах
рефракції радіохвиль.

Відомий пристрій фазового виявлення цілей з
використанням когерентної послідовності луна-
сигналів [1], що містить погоджений фільтр,
квадратурну схему фазового детектора, схему
накопичення і пороговий блок. У пристрої
здійснюється обчислення значень модуля
кореляційного інтегралу, яке порівнюється з
пороговим рівнем. За результатами порівняння
приймається рішення про виявлення цілі.

Недоліком даного пристрою є низька
ефективність роботи в умовах впливу пасивних
завад, зокрема, за рахунок рефракції радіохвиль.

Найбільш близьким до запропонованого
технічним рішенням, обраним як прототип, є
пристрій виявлення сигналів на фоні пасивних
завад [2], що містить послідовно з'єднані блок
попередньої обробки, блок фазовимірювача, блок
обчислювання розкиду фаз та пороговий блок.

В ході обробки луна-сигналів в пристрої
вираховується різниця фаз в послідовних тактах
зондування $\Delta\phi_i$ за сигналами когерентної пачки із
 $i=1, 2, \dots, n$ луна-сигналів.

При відсутності рухомої цілі та стабільних
характеристиках пасивних завад та каналів

проходження та обробки луна-сигналів значення
 $\Delta\phi_i$ є величинами сталими. Поява цілі в елементі
розрізнення визначає розкид значень фаз від
такту до такту зондувань, модуль якого перевищує
пороговий рівень і забезпечується виявлення цілі.

Недоліком пристрою-прототипу є значні
фазові флуктуації луна-сигналів за рахунок зміни
умов розповсюдження радіохвиль при наявності їх
рефракції, при цьому зростає ймовірність хибних
тривог при виявленні цілей, порушується
когерентність пачки луна-сигналів, тому
неефективна їх кореляційна обробка.

В основу корисної моделі поставлена задача
створити пристрій фазового виявлення цілей, у
якому введення нових блоків, а саме, блока
вимірювання дальності, блока формування
імпульсів запуску, блока віднімання, вузла
цифрового корелятора дозволить забезпечити
більш якісні показники виявлення цілей в умовах
рефракції радіохвиль при наявності пасивних
завад, за рахунок компенсації флуктуаційних
помилкок та когерентної обробки сигналів.

Поставлена задача вирішується за рахунок
того, що в пристрій виявлення сигналів на фоні
пасивних завад [2], який містить послідовно
з'єднані блок попередньої обробки, блок
фазовимірювача, блок обчислювання розкиду фаз
та пороговий блок, додатково введені послідовно

(19) UA (11) 31013 (13) U

з'єднані блок вимірювання дальності та блок формування імпульсів запуску, блок віднімання та вузол цифрового корелятора у складі послідовно з'єднаних блока пам'яті, блока корелятора та блока аналізу. Вхід блока вимірювання дальності з'єднаний з другим виходом блока попередньої обробки, вихід блока формування імпульсів запуску з'єднаний з другим входом блока фазовимірювача. Вхід блока віднімання з'єднаний із виходом блока фазовимірювача, а вихід - із входом блока обчислювання розкиду фаз та блока пам'яті.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у поліпшенні характеристик виявлення і розрізнення цілей за рахунок компенсації флуктуацій фази луна-сигналів, обумовлених нестабільністю параметрів траси розповсюдження радіохвиль при їх рефракції та забезпечення когерентності пачки радіоімпульсів при кореляційній обробці.

На Фіг.1 приведена структурна схема запропонованого пристрою.

На Фіг.2 приведеш часові діаграми луна-сигналів та відповідні імпульси запуску блока фазовимірювача.

На Фіг.3 показано вид функцій фази луна-сигналів від пасивної завади та цілі на фоні пасивних завад.

На Фіг.4 приведені функції фази луна-сигналів та опорні функції фази, які використовуються при кореляційній обробці когерентної пачки сигналів.

На Фіг.5 наведеш результати кореляційної обробки, які використовуються для підтвердження наявності цілі та її розрізнення.

Запропонований пристрій фазового виявлення цілей містить послідовно з'єднані блок попередньої обробки 1, блок фазовимірювача 2, блок віднімання 3, блок обчислювання розкиду фаз 4, пороговий блок 5, послідовно з'єднані блок вимірювання дальності 6 і блок формування імпульсів запуску 7, вузол цифрового корелятора 8 у складі послідовно з'єднаних блока пам'яті 9, блока корелятора 10 і блока аналізу 11. Вхід блока вимірювання дальності з'єднаний з другим виходом блока попередньої обробки, а вихід блока формування імпульсів запуску - з другим входом блока фазовимірювача. Вхід блока віднімання з'єднаний з виходом блока фазовимірювача, а вихід - із входами блока обчислення розкиду фаз та блока пам'яті. Входом пристрою є вхід блока попередньої обробки, а виходами - виходи порогового блока та блока аналізу.

Робота запропонованого пристрою полягає у наступному.

На вхід блока попередньої обробки надходять луна-сигнали від цілей. Якщо зона огляду РЛС знаходиться над поверхнею моря, створюється приводний хвильовий канал розповсюдження радіохвиль і має місце явище рефракції радіохвиль. При цьому можливе заобрійне виявлення цілей на великій дальності. Однак одночасно з'являються пасивні завади, які значно погіршують характеристики виявлення, зокрема, збільшується ймовірність хибних тривог [3].

Луна-сигнали з'являються також від поверхнево-розподілених об'єктів (ПРО), які мають стабільні характеристики і складають карту завад на кожному азимутальному напрямку. Ці сигнали використовують для забезпечення зовнішньої когерентності при обробці пачки імпульсів.

В блоці попередньої обробки здійснюється відокремлення луна-сигналів цілей чи пасивних завад та сигналів від ПРО (імпульсів виявлення).

Для визначення належності луна-сигналів до цілі або до пасивної завади призначається режим виявлення та підтвердження з використанням когерентної пачки зондуючих імпульсів.

В блоці 6 визначається дальність до цілі чи пасивної завади та до ПРО. З відповідними часовими затримками в блоці 7 формуються імпульси запуску фазовимірювача (Фіг.2).

У фазовимірювачі 2 визначаються фази луна-сигналів цілі (чи пасивної завади) $\Delta\varphi_{ci}$, та ПРО $\Delta\varphi_{pi}$ відносно фази сигналів когерентного гетеродину $\Delta\varphi_{pi}$:

$$\Delta\varphi_{ci} = \varphi_{ci} - \varphi_{pi}$$

$$\Delta\varphi_{pi} = \varphi_{pi} - \varphi_{pi}$$

$$\text{де: } i=1, 2, \dots, n;$$

n - розмір когерентної пачки сигналів.

Параметри приводного хвильового каналу розповсюдження радіохвиль постійно змінюються, тому з'являється флуктуаційна складова значення фази луна-сигналів $\delta\varphi_i$. В i -му такті зондування вона приблизно однакова як для сигналу цілі (чи пасивної завади) так і для ПРО, тому що сигнали мають однакові умови розповсюдження. В зв'язку з цим, для компенсації цієї складової використовується зовнішня когерентність, тобто фаза луна-сигналів цілі $\Delta\varphi_{ci}$ в блоці віднімання 3 відраховується відносно фази ПРО φ_{pi} (Фіг.3):

$$\varphi_i = \varphi_{ci} - \Delta\varphi_{pi}$$

Одночасно компенсується постійна складова інструментальної помилки вимірювання фази.

Закон зміни функції фази φ_i визначається

дальністю R_0 і радіальною швидкістю \dot{R} цілі:

$$\varphi_i = \varphi_0 + \dot{\varphi} t_i = 2\pi f t_{zi} = \frac{4\pi}{\lambda} \left(R_0 + \dot{R} t_i \right),$$

$$t_{zi} = \frac{2R_i}{C} = \frac{2}{C} \left(R_0 + \dot{R} t_i \right)$$

t_{zi} - час затримки луна-сигналів в i -му такті;

f - частота сигналу;

λ - довжина хвилі.

Для пасивних завад та ПРО $\dot{R} = 0$, тобто

$$\varphi_i = \frac{2R_0}{C} = \text{const}$$

величина

(постійна величина).

В блоці 4 обчислюється розкид значень фаз φ_i від такту до такту у вигляді значень дисперсії:

$$D_{\varphi} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\varphi_i - \bar{\varphi})^2,$$

$$\text{де: } \bar{\varphi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i;$$

$\bar{\varphi}$ - середнє значення фази.

При наявності цілі значення дисперсії фази перевищує певний поріг $D_{\text{пор}}$, що визначає виявлення цілі.

В блоці 5 виконується порівняння з порогом $D_{\varphi} \geq D_{\text{пор}}$.

В блоках 9, 10, 11 здійснюється підтвердження наявності цілі за рахунок кореляційної обробки отриманої функції фази φ_i .

Для цього значення функції фази φ_i записуються в блок пам'яті 9 і далі використовуються для кореляційного аналізу.

В блоці корелятора 10 розраховуються значення кореляційного інтеграла ψ_j , як результат порівняння отриманої функції фази луна-сигналів φ_i з набором із M опорних (еталонних) функцій фази $\varphi_{\text{он}ji}$:

$$\psi_j = \frac{1}{n} \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n \sin(\varphi_i - \varphi_{\text{он}ji}) \right]^2 + \left[\sum_{i=1}^n \cos(\varphi_i - \varphi_{\text{он}ji}) \right]^2}$$

Значення опорних функцій фази змінюються за лінійним законом, а самі опорні функції

відрізняються кутом нахилу (параметром $\dot{\varphi}$), який відповідає можливій радіальній швидкості цілі (Фіг.4):

$$\varphi_{\text{он}ji} = \varphi_{\text{он}j} \cdot (t_i - t_1)$$

$$\varphi_{\text{он}j} = (j-1) \cdot \delta\varphi, \quad j = 1, 2, \dots, M$$

де t_1, t_n - моменти часу, які відповідають початку та кінцю інтервалу накопичення значень φ_i .

Діапазон зміни параметра $\varphi_{\text{он}}$ визначається діапазоном однозначного виміру фази 2π та періодом зондуєчих імпульсів T :

$$\Delta\varphi_{\text{max}} = \frac{2\pi}{T}$$

Кількість опорних функцій M і, відповідно,

дискретність $\delta\varphi$ визначається об'ємом пачки n :

$$M = n; \quad \delta\varphi = \frac{2\pi}{nT}$$

Результати кореляційної обробки (пікові значення кореляційного інтеграла ψ_j для сигналів цілі (Ц) та пасивних завад (ПЗ) відрізняються відповідно значенню радіальної швидкості цілі (Фіг.5).

В блоці 11 здійснюється аналіз отриманих значень кореляційного інтеграла ψ_j , виділяються максимальні (пікові) значення ψ_j . Якщо вони перевищують поріг $\psi_{\text{пор}}$ для певного j , приймається рішення про наявність пасивної завади чи цілі:

$$\text{при } j=1 \left(\dot{R} \cong 0 \right) - \text{виявлення пасивної завади;}$$

$$\text{при } j>1 \left(\dot{R} > 0 \right) - \text{виявлення цілі;}$$

при $j=1$ та $j>1$ (більше одного максимуму ψ_j перевищує поріг) - виявлення цілі на фоні пасивної завади.

На вхід пристрою видається інформація про результати підтвердження наявності цілі.

Послідовність включення в роботу окремих блоків пристрою та їхній порядок взаємодії на етапах виявлення та підтвердження цілі, а також порядок запису і зняття інформації визначається сіткою керуючих і синхронізуючих імпульсів, "прив'язаних" до сітки частот синхронізатора РЛС (вузол синхронізації і керування на схемі не показаний).

При технічній реалізації пропонованого пристрою можна використовувати типові вузли і блоки радіоелектронної апаратури, інтегральні мікросхеми та мікропроцесори [2, 5].

Використання запропонованого пристрою дозволяє компенсувати флуктуаційні складові $\delta\varphi_i$, які є наслідком нестабільності параметрів траси розповсюдження радіохвиль при їх рефракції.

По оцінках, значення $\delta\varphi_i$ можуть складати величину до 1...2рад [3, 4].

Компенсація флуктуаційних складових дозволяє реалізувати когерентну обробку пачки імпульсів для підтвердження наявності цілі. За рахунок кореляційного аналізу забезпечується підвищення ймовірності виявлення цілі та зменшення ймовірності хибних тривог.

Крім того, здійснюється розрізнення цілей та пасивних завад з різними значеннями радіальних швидкостей.

Виграш в параметрах виявлення та точності вимірювань при використанні когерентної пачки з n імпульсів складає по дальності виявлення - до $\sqrt[4]{n}$ разів, по точності вимірювань та розрізняльній спроможності - до n разів [6].

Джерела інформації:

1. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавигационных системах. /Под ред. Ю.М. Казаринова. - М.: Сов. радио, 1975. - с.133.

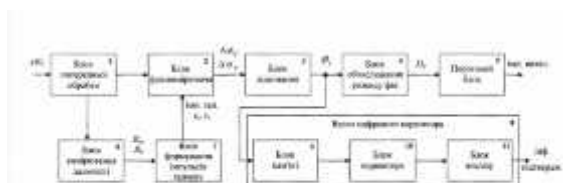
2. АС №1412467 СССР, МКИ⁵ G01S 13/52. Способ обнаружения сигналов на фоне пассивных помех в когерентно-импульсной РЛС: Опубл. 17.12.85.

3. Лобкова Л.М. Распространение радиоволн над морской поверхностью. - М.: Радио и связь, 1991. - 256с.

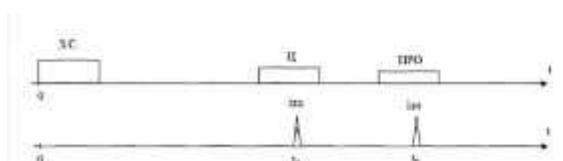
4. Современная радиолокация. Анализ, расчет и проектирование систем. Пер. с англ. /Под ред. Кобзарева Ю.Б. - М.: Сов. радио, 1969. - 704с.

5. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Справочник. /Под ред. С.В. Якубовского. - М.: Радио и связь, 1980. - 412с.

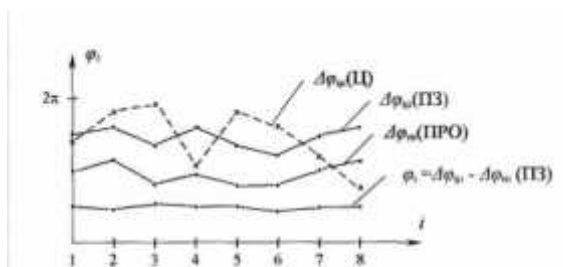
6. Обработка сигналов в многоканальных РЛС.
/Под ред. А.П. Лукошкина. - М.: Радио и связь,
1983. - 328с.



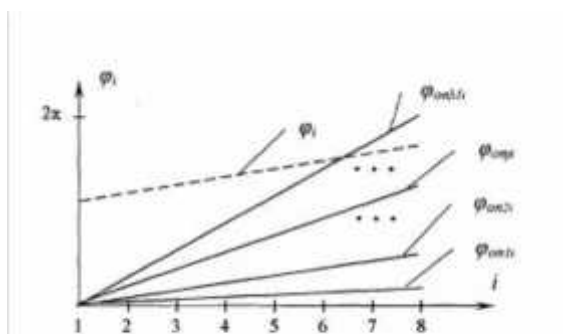
Фиг. 1



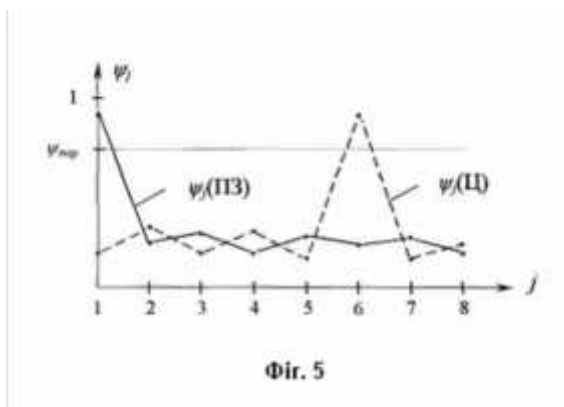
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5