



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 109822

(13) U

(51) МПК

G01S 13/06 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 02123**

(22) Дата подання заявки: **04.03.2016**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **12.09.2016**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **12.09.2016, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

**Васильєв Вадим Анатолійович (UA),  
Таршин Володимир Анатолійович (UA),  
Дорошко Ігор Миколайович (UA),  
Коломійцев Олексій Володимирович  
(UA),  
Фоменко Дмитро Володимирович (UA),  
Молчанов Дмитро Вікторович (UA),  
Лук'янчук Вадим Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

**ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА  
КОЖЕДУБА,  
вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)**

## (54) ВИМІРЮВАЧ КУТОВИХ КООРДИНАТ ЦІЛІ ОГЛЯДОВИХ МОНОІМПУЛЬСНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ДІЇ АКТИВНИХ КОРЕЛЬОВАНИХ ПЕРЕШКОД

### (57) Реферат:

Вимірювач кутових координат цілі оглядових моноімпульсних систем в умовах дії активних корельованих перешкод, який містить пристрій ділення і помножувач; канал формування  $Z(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора; канал формування  $Z'(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача і узгодженого фільтра; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, та блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, причому додатково введено канал формування  $Z(\alpha_{КС})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора, канал формування  $Z'(\alpha_{КС})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача і узгодженого фільтра, а також помножувач, пристрій ділення, блок порівняння, логічний елемент, блок формування контрольного сигналу (КС) та датчик КС.

UA 109822 U

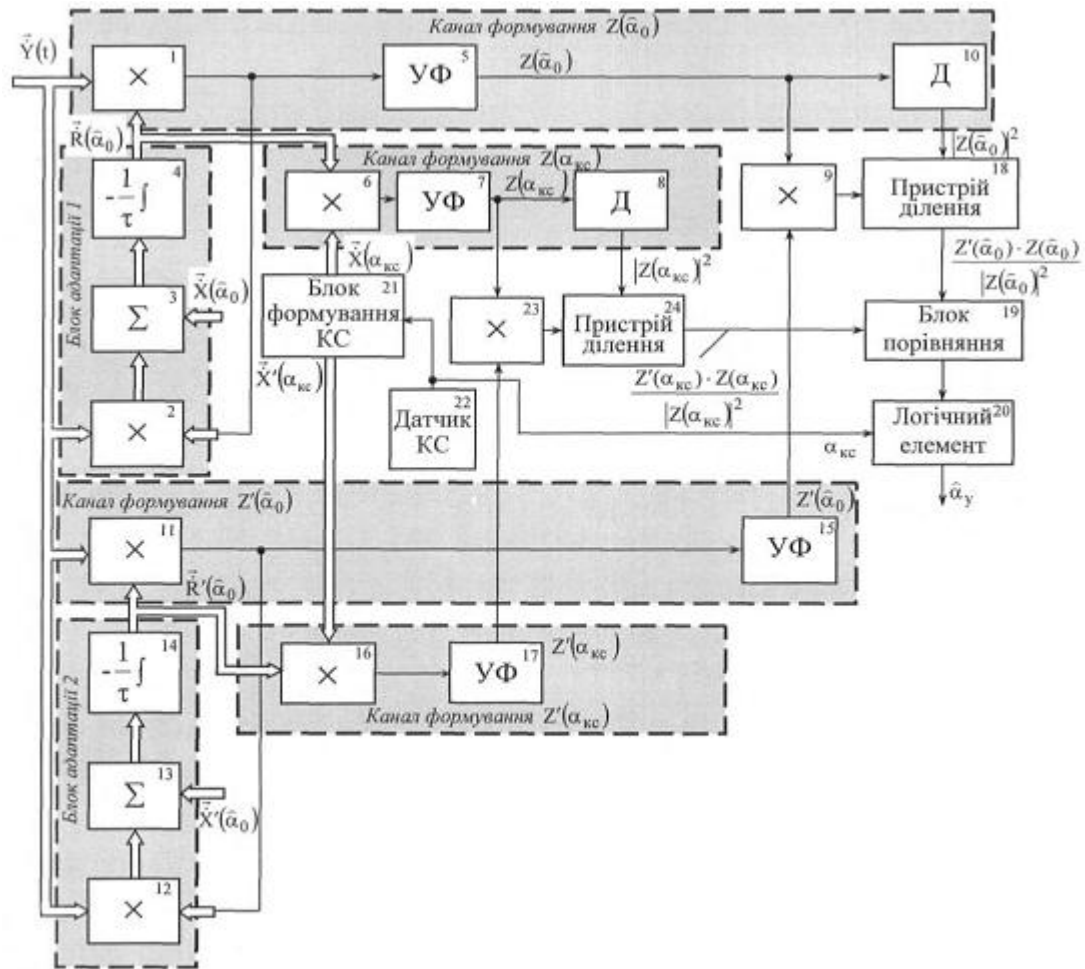


Fig. 1

Запропонована корисна модель належить до галузі радіолокації і може бути використана, зокрема, в моноімпульсних радіолокаційних станціях (РЛС) огляду простору для вимірювання кутових координат всіх об'єктів, що знаходяться в межах діаграми спрямованості та розділяються за дальністю при програмному керуванні положення променя у просторі в умовах дії зовнішніх (по відношенню до РЛС) активних корельованих перешкод.

Відомий "Пристрій адаптації до дії корельованих перешкод" [1], який містить лінійну антенну решітку (АР), блок затримки сигналу, суматори та пристрій вагової обробки сигналу.

Недоліком відомого пристрою є наявність систематичних похибок вимірювання напряму приймання сигналу.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип, є "Пристрій вимірювання кутових координат цілей на фоні корельованих перешкод" [2], який містить: матричні помножувачі, пристрої ділення, суматор, помножувач і блок визначення  $\hat{\alpha}_y$ ; канал формування  $Z(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора; канал формування  $Z'(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача і узгодженого фільтра; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, та блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора.

Недоліком пристрою-прототипу є те, що незміщена оцінка, яка отримана в умовах дії перешкод по головній пелюстці діаграми спрямованості (ДС), має великий рівень середньоквадратичної похибки (СКП) вимірювання кутової координати [3] та її незміщеність забезпечується при достатньо великому значенні відношення параметра виявлення  $q^2(\alpha)$ . Крім того, вид дискримінаторної характеристики залежить від конкретної перешкодової обстановки, що ускладнює її попереднє градування і визначення напряму цілі, що знаходиться в межах нерухомої ДС решітки.

В основу корисної моделі поставлена задача створити вимірювач кутових координат цілі оглядових моноімпульсних систем в умовах дії активних корельованих перешкод, який забезпечить підвищення результуючої точності вимірювання, що визначається дисперсією і зміщенням оцінки.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у пристрої-прототипі, який містить: матричні помножувачі, пристрої ділення, суматор, помножувач і блок визначення  $\hat{\alpha}_y$ ; канал формування  $Z(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора; канал формування  $Z'(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача і узгодженого фільтра; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, та блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, вилучено матричні помножувачі, пристрій ділення, суматор і блок визначення  $\hat{\alpha}_y$  та додатково введено канал формування  $Z(\alpha_{KC})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора, канал формування  $Z'(\alpha_{KC})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача і узгодженого фільтра, а також помножувач, пристрій ділення, блок порівняння, логічний елемент, блок формування контрольного сигналу (КС) та датчик КС.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у забезпеченні додаткової обробки і отриманні оцінок напряму приходу контрольного сигналу для різних та відомих його значень в околиці напряму настройки нерухомої АР, компенсації систематичної похибки вимірювання кутової координати цілі та зменшенні рівня флуктуаційних похибок вимірювання для випадку дії перешкоди по головній пелюстці ДС АР.

На Фіг. 1 зображена структурна схема запропонованого пристрою.

На Фіг. 2 зображені дискримінаторні характеристики вимірювачів напряму приходу детермінованого сигналу.

На Фіг. 3 зображені пеленгаційні характеристики каналів запропонованого пристрою.

Запропонований вимірювач кутових координат цілі оглядових моноімпульсних систем в умовах дії активних корельованих перешкод містить канал формування  $Z(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача 1, узгодженого фільтра 5 і квадратичного детектора 10; канал формування  $Z'(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача 11 і узгодженого фільтра 15; канал формування  $Z(\alpha_{KC})$ , який складений з

послідовно з'єднаних помножувача 6, узгодженого фільтра 7 і квадратичного детектора 8, канал формування  $Z'(\alpha_{\text{КС}})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача 16 і узгодженого фільтра 15; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача 2, суматора 3 і інтегратора 4; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача 12, суматора 13 і інтегратора 14; блок формування контрольного сигналу 21; блок порівняння 19; датчик контрольного сигналу 22, помножувачі 9 і 23, пристрої ділення 18 і 24 та логічний елемент.

Робота запропонованого вимірювача кутових координат цілі оглядових моноімпульсних систем в умовах дії активних корельованих перешкод полягає у наступному (Фіг. 1).

Для отримання оцінки кутової координати цілі при багатоканальному прийманні як достатня статистика для вимірювання використовується модуль вагового інтеграла:

$$|\dot{Z}(\alpha)| = \left| \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{Y}^T(t) \dot{R}^*(t, \alpha) dt \right|, \quad (1)$$

де  $\dot{Y}(t), \dot{R}(t, \alpha)$  - вектори-стовпці комплексних амплітуд прийнятого коливання та вагової функції відповідно;

$\alpha$  - кутова координата очікуваного сигналу;

$T, *$  - знаки транспонування та комплексного спряження.

Для визначення вихідного ефекту дискримінатора  $|\dot{Z}(\alpha)|^2$  в околиці відомого напрямку настройки АР  $\hat{\alpha}_0$  розкладається в ряд Тейлора та обмежується першими трьома членами:

$$|\dot{Z}(\alpha)|^2 = |\dot{Z}(\alpha_0)|^2 + \left( |\dot{Z}(\hat{\alpha}_0)|^2 \right)' (\alpha - \hat{\alpha}_0) + \frac{1}{2} \left( |\dot{Z}(\hat{\alpha}_0)|^2 \right)'' (\alpha - \hat{\alpha}_0)^2. \quad (2)$$

Розв'язання рівняння правдоподібності має вигляд:

$$\Delta_1 = \hat{\alpha}_y - \hat{\alpha}_0 = \frac{\text{Re}(\dot{Z}'(\hat{\alpha}_0) \dot{Z}^*(\hat{\alpha}_0))}{|\dot{Z}(\hat{\alpha}_0)|^2}, \quad (3)$$

де  $\dot{Z}'(\hat{\alpha}_0)$  - похідна вагового інтегралу  $\dot{Z}(\alpha)$  по  $\alpha$  при  $\alpha = \hat{\alpha}_0$ ;

$\hat{\alpha}_y$  - текуча оцінка напрямку приходу сигналу.

При обробці квазідетермінованого сигналу на фоні флуктуаційних шумів оцінка напрямку приходу сигналу  $\hat{\alpha}_{y1}$  з використанням алгоритму (3) є незміщеною (Фіг. 2, крива 1). У випадку дії корельованих за простором перешкод з напрямку  $\alpha_{\text{П}}$  компенсація цього впливу призводить до викривлення результуючої характеристики спрямованості, а оцінка кутової координати є зміщеною  $\hat{\alpha}_{y2}$ . Суттєвим це зміщення є при дії постановників перешкод по головній пелюстці характеристики спрямованості (Фіг. 2, крива 2).

При використанні  $|\dot{Z}(\alpha)|$  та настройки АР в напрямку  $\hat{\alpha}_0$  текуча оцінка  $\hat{\alpha}_y$  напрямку приходу сигналу визначається для заданої перешкодової обстановки в околиці  $\hat{\alpha}_0$  шляхом формування текучих оцінок напрямку приходу КС  $\hat{\alpha}_{y \text{ КС}}$ , які відповідають різним та відомим його значенням  $\alpha_{\text{КС}}$  (в межах ширини ДС).

При заданій орієнтації ДС реалізується алгоритм (3) для КС та формується дискримінаторна характеристика (ДХ):

$$\Delta_{\text{КС}} = \frac{\text{Re}(\dot{Z}'(\alpha_{\text{КС}}) \dot{Z}^*(\alpha_{\text{КС}}))}{|\dot{Z}(\alpha_{\text{КС}})|^2}, \quad (4)$$

зі зміщенням нулем для відомих напрямків КС  $\alpha_{\text{КС}}$ .

У блоку порівняння відбувається зрівняння ДХ (3) і (4) (Фіг. 3, крива  $\Delta_{\text{КС}}(0, \alpha_{\text{КС}}, \alpha_{\text{П}})$  і  $\Delta_1(\hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_c, \alpha_{\text{П}})$  відповідно). У випадку рівності цих характеристик (Фіг. 3, відрізок  $O_1O_2$ ) на виході вимірювача формується текуча оцінка напрямку приходу сигналу  $\hat{\alpha}_y = \hat{\alpha}_{\text{КС}}$ .

Точність отриманої оцінки значно вище точності вимірювання напрямку приходу корисного сигналу, що обумовлено відсутністю зовнішніх перешкод на вході каналу КС та можливістю вибору енергії КС.

Джерела інформації:

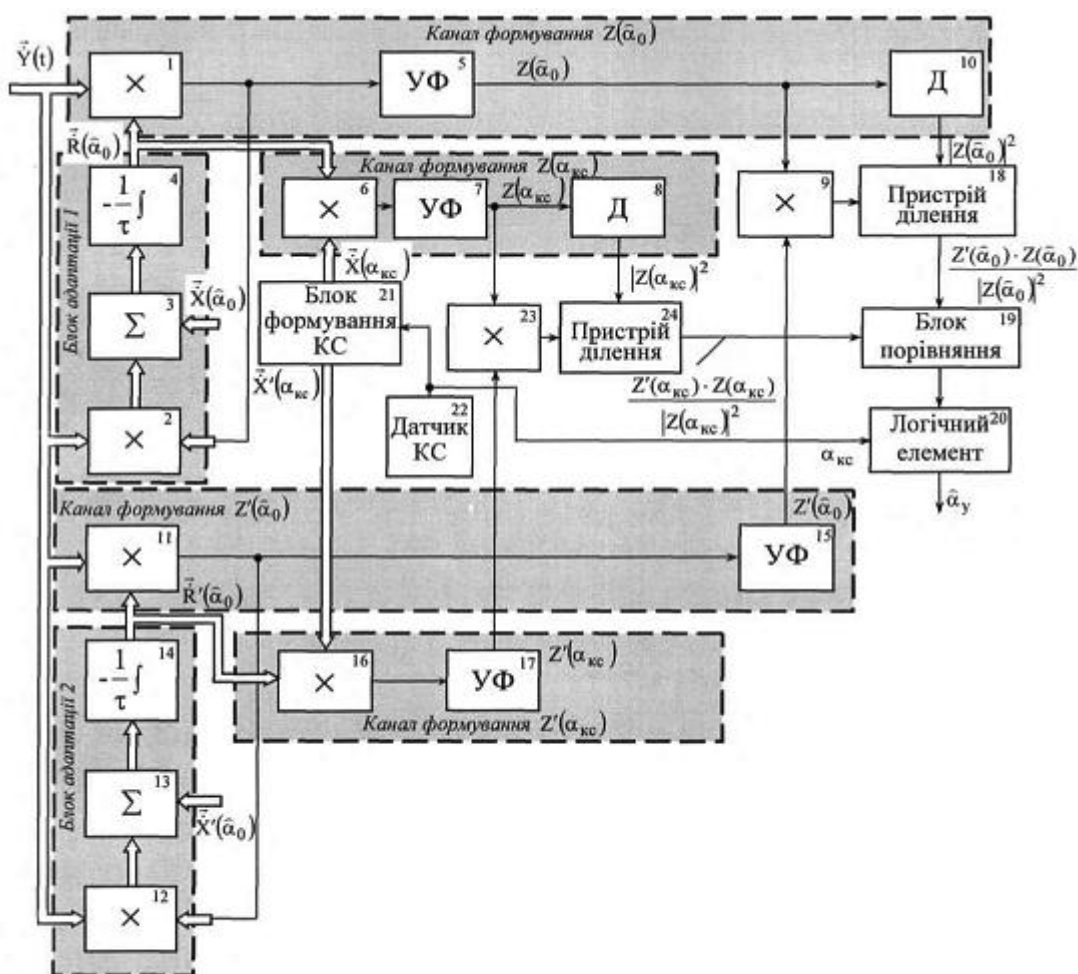
1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1989. - 440 с.

2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. - М.: Радио и связь. 1981. - 416 с.

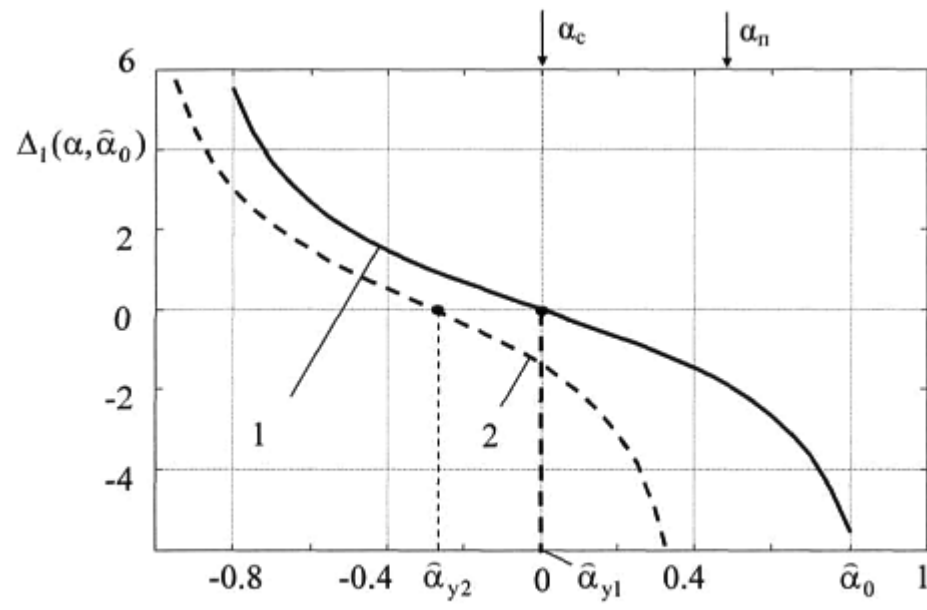
3. Багдасарян С.Т., Белов А.А., Рябуха В.П., Таршин В.А. Наследящее измерение в РЛС с адаптивной антенной решеткой информативных параметров сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой на фоне помех. - М.: ИПРЖ, Антенны. - 2000. - № 2(45). - С. 78-83.

# ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

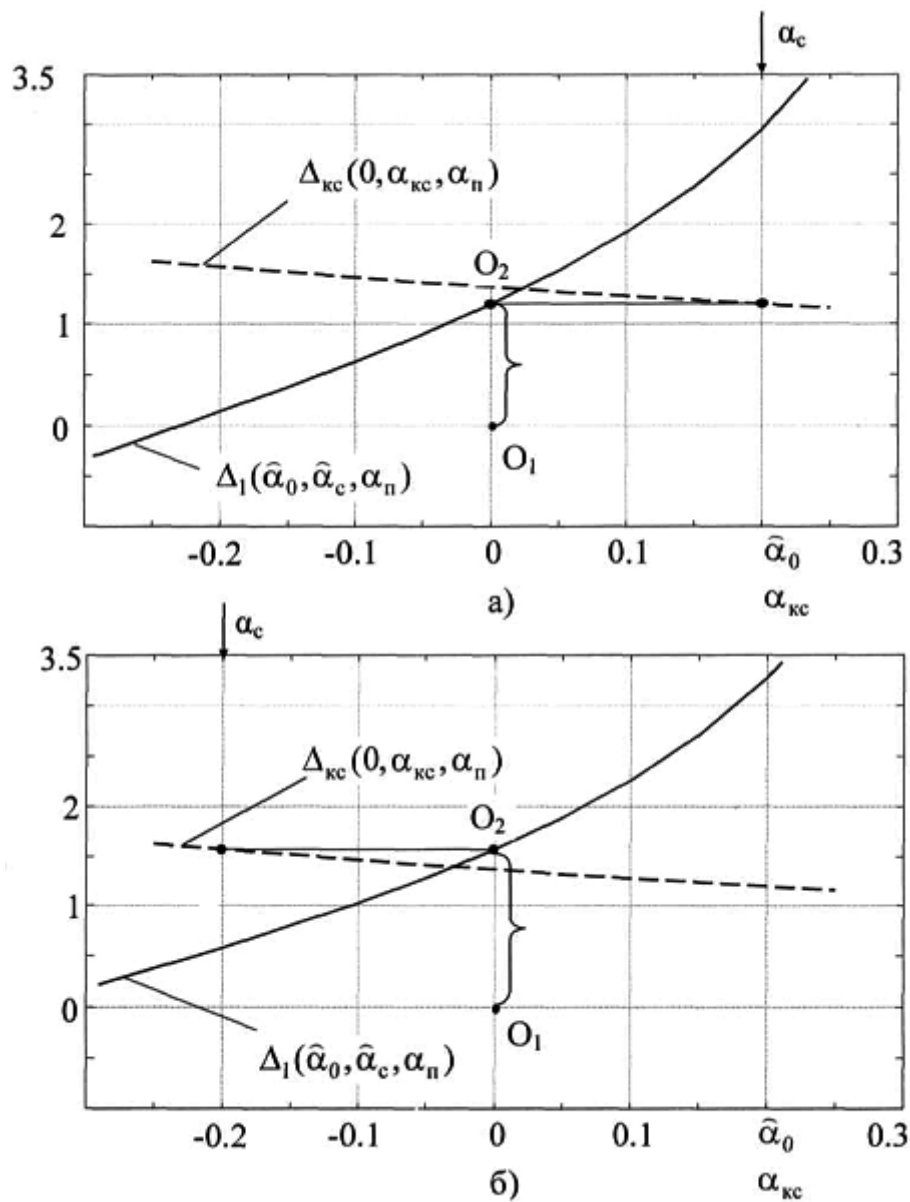
Вимірювач кутових координат цілі оглядових моноімпульсних систем в умовах дії активних корельованих перешкод, який містить пристрій ділення і помножувач; канал формування  $Z(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора; канал формування  $Z'(\hat{\alpha}_0)$ , який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача і узгодженого фільтра; блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, та блок адаптації, який складений з послідовно з'єднаних матричного помножувача, суматора і інтегратора, який **відрізняється** тим, що додатково введено канал формування  $Z(\alpha_{КС})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача, узгодженого фільтра і квадратичного детектора, канал формування  $Z'(\alpha_{КС})$ , який складений з послідовно з'єднаних помножувача і узгодженого фільтра, а також помножувач, пристрій ділення, блок порівняння, логічний елемент, блок формування контрольного сигналу (КС) та датчик КС.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601