



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106986

(13) C2

(51) МПК

G01S 3/02 (2006.01)

G01S 13/44 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2011 15158

(22) Дата подання заявки: 21.12.2011

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 10.11.2014(41) Публікація відомостей
про заявку: 25.06.2013, Бюл.№ 12(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 10.11.2014, Бюл.№ 21

(72) Винахідник(и):

Харченко Володимир Петрович (UA),
Сорочан Анатолій Григорович (UA)

(73) Власник(и):

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,

пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 42816 C2, 15.11.01.

UA 4882 U, 15.02.05.

RU 2005116177 A, 20.11.06.

RU 2007137141 A, 20.04.09.

RU 2290658 C1, 27.12.06.

JPH 1194933 A, 09.04.99.

JPS 61145473 A, 03.07.

GB 1395599 A, 29.05.75.

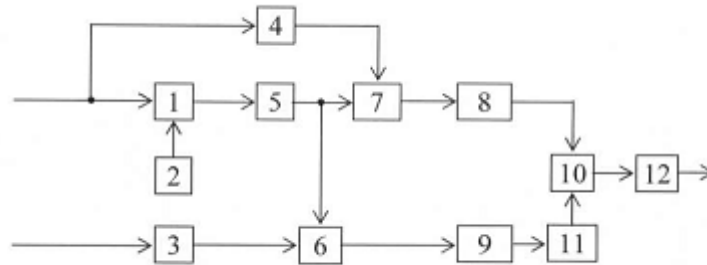
Сорочан А.Г. J-корреляційний метод
пеленгації//Изв. Вузов. Радиоелектроника.-
2001.-№11.- С.57-65.Сорочан А.Г. Разрешающая способность
радиодальномера на основе J-
корреляционного метода обработки сигнала
(метод минимума). Научно-
исследовательский институт комплексной
автоматизации, г.Донецк, (Искусственный
интеллект, 1`2005, С.200-207.**(54) СПОСІБ КОРЕЛЯЦІЙНО-ФАЗОВОЇ ПЕЛЕНГАЦІЇ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ**

(57) Реферат:

Група винаходів належить до галузі радіотехніки. Спосіб кореляційно-фазової пеленгації, згідно з яким кутове положення цілі визначається по відбитому сигналу, який модульований за кутом однотональним гармонійним коливанням з частотою Ω , містить: по першому каналу - розгалуження сигналу на дві рівні частини, одна з яких затримується на сталу часу τ_2 , друга належить по частоті до частоти гетеродину w_H та отримує затримку в часі на сталу часу τ_Φ , одержані сигнали перемножують, після чого на частоті w_H отримують сигнал $u_1(t)$, по другому каналу - сигнал затримують на сталу часу τ_1 , після чого перемножують з сигналом, затриманим на сталу часу τ_Φ , з результату перемноження на частоті w_H отримують сигнал $u_2(t)$. З сигналів $u_1(t)$ і $u_2(t)$ виділяють спектральні складові, розташовані на частотах $w_H + \Omega$ (або $w_H - \Omega$), складову регульованого каналу затримують на сталу часу τ_3 , отримані таким чином сигнали перемножують, а з результату перемноження виділяють постійну складову, рівень якої відповідає кутовому положенню цілі. Пристрій кореляційно-фазової пеленгації містить змішувач, вхід якого є першим входом пристрою, другий вхід змішувача з'єднаний з гетеродином, а вихід через смуговий фільтр з'єднаний з першим входом другого

UA 106986 C2

перемножувача, другий вхід другого перемножувача з'єднаний з входом змішувача через другу лінію затримки, перша лінія затримки, вхід якої є другим входом пристрою, з'єднана з першим входом першого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з виходом смугового фільтра, третій перемножувач. Введені перший та другий вузькосмугові фільтри, третя лінія затримки, фільтр низьких частот. Винахід дозволяє розширити діапазон однозначного вимірювання кутового положення.



Фіг. 1

Взаємозв'язана група винаходів належить до галузі радіотехніки і може бути застосована для вимірювання кутового положення цілі як для безперервного, так і імпульсного зондувального сигналів або для виявлення джерела випромінювання.

Відомий фазовий пеленгатор [1], в якому сигнали прийняті на дві антени, рознесені в просторі на базову відстань B , підсилюються та обробляються у відповідних каналах. В одному

з каналів фазу сигналу змінюють на $\frac{\pi}{2}$. Після чого сигнали подають на фазовий дискримінатор. На виході дискримінатора формується напруга, що залежить від кута між напрямком приходу радіохвилі і нормаллю до бази, яка проходить через її середину.

Недоліком фазового пеленгатора є неоднозначність відліку кутового положення цілі, залежність точності вимірювання кута від несучої частоти зонduючого сигналу та базової відстані антен.

Також відомий, вибраний як прототип, спосіб вимірювання відносної часової затримки τ сигналу з кутовою модуляцією [2, 3], згідно з яким, сигнали з двох рознесених на базу B антен обробляються. З першої антени сигнал $u_1(t)$ затримується на регульовану калібровану величину часової затримки θ_x отримують сигнал $u_1(t + \theta_x)$, який розділюють на дві рівні частини. Одну частину сигналу відносять по частоті на частоту гетеродину w_r і затримують на сталу часу τ_1 , одержаний сигнал $u_1(t + \theta_x + \tau_1)$ перемножують з другою частиною сигналу $u_1(t + \theta_x)$, з результату помноження на частоті w_r виділяють опорний сигнал $u_1(t)$, у якому індекс модуляції $\beta' \approx 2 = \text{const}$ і визначається затримкою на сталу часу τ_1 . З другої антени сигнал $u_1(t + \tau)$ затримують на фіксований час θ_0 і перемножують з сигналом $u_1(t + \theta_x + \tau_1)$, отриманим від першої антени, з результату помноження на частоті w_r виділяють сигнал $u_1(t)$, індекс модуляції якого $\beta'' = \text{var}$ змінюється і залежить від значень затримок θ_x та τ . В спектрах сигналів $u_1'(t)$ і $u_1''(t)$ режектують спектральні складові з частотою w_r , одержані сигнали перемножують, після чого на частоті $2w_r$ виділяють гармонічний сигнал $u_2(t)$, як результат згортки спектральних складових режектованих сигналів. Отриманий сигнал детектують по амплітуді. Значення відносної часової затримки τ отримують зміною регульованої каліброваної затримки θ_x , доводячи значення напруги $u_2(t)$ до рівня рівного нулю.

Недоліком способу вимірювання відносної часової затримки сигналу з кутовою модуляцією з антенами не спрямованої дії є неможливість виявлення чверті у координатній системі, в якій розташовано об'єкт, крім цього, на вимірювання кутового положення цілі необхідний певний час для пошуку за допомогою перебудови регульованої каліброваної затримки значення вихідної напруги рівної нулю, що унеможливує застосування цього способу у моноімпульсній пеленгації.

Відомий пристрій фазового пеленгатора [1], що містить два приймальних тракти Пр1 та Пр2, вихід першого тракту з'єднаний з першим входом фазового дискримінатора, вихід другого

з'єднаний через фазозсувач на $\frac{\pi}{2}$ з другим входом дискримінатора. Використання цього пристрою не дозволяє отримати у пеленгаційній характеристиці лінійну ділянку великої довжини, крім цього, для підвищення точності вимірювань необхідно підвищувати робочу частоту або базову відстань між антенами.

Відомий пристрій вимірювача відносної часової затримки τ сигналу з кутовою модуляцією [2, 3] містить регульовану калібровану лінію затримки, вхід якої є першим входом пристрою, а вихід через послідовно ввімкнені сигнальний вхід змішувача, лінію затримки, перший вхід другого перемножувача, перший режекторно-смуговий фільтр, перший вхід третього перемножувача, перший вузькосмуговий фільтр з'єднаний з амплітудним детектором, вихід регульованої каліброваної лінії затримки також з'єднаний з другим входом другого перемножувача, гетеродинний вхід змішувача з'єднаний з гетеродином, вихід лінії затримки також з'єднаний з другим входом першого перемножувача, фіксовану лінію затримки, вхід якої є другим входом пристрою, а її вихід через послідовно ввімкнені перший вхід першого перемножувача, другий режекторно-смуговий фільтр з'єднаний з другим входом третього перемножувача.

У цьому пристрої використання неспрямованих антен не дозволяє отримати однозначного вимірювання кутового положення об'єкта, крім цього, відлік кутового положення за необхідності перебудови значення затримки в регульованій лінії потребує деякого часу, тому пристрій виконує своє призначення при досить тривалих сигналах.

В основу винаходу поставлено задачу створення нового способу і пристрою кореляційно-фазової пеленгації, який має велику довжину лінійної ділянки пеленгаційної характеристики. В основу першого з групи винаходів кореляційно-фазової пеленгації поставлено задачу розширення діапазону однозначного вимірювання кутового положення цілі шляхом виділення зі складу спектра опорного сигналу та спектра сигналу, що регулюється, перших спектральних

складових з частотами $w_r + \Omega$ (або $w_r - \Omega$), часової затримки сигналу, що регулюється, перемноження отриманих сигналів та виділення з результату перемноження постійної складової, рівень якої відповідає кутовому положенню цілі, що дозволить значно підвищити лінійність пеленгаційної характеристики; В основу другого із групи винаходів кореляційно-фазової пеленгації поставлено задачу удосконалення пристрою шляхом з'єднання виходу опорного каналу з першим входом третього перемножувача через вузькосмуговий фільтр з середньою частотою $w_r + \Omega$ (або $w_r - \Omega$), а вихід регульованого каналу з другим входом третього перемножувача через послідовно ввімкнені вузькосмуговий фільтр з середньою частотою $w_r + \Omega$ (або $w_r - \Omega$) та лінії часової затримки, включенням на виході третього перемножувача фільтра низьких частот, що приведе до значного підвищення лінійності пеленгаційної характеристики.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі кореляційно-фазової пеленгації, згідно з яким, кутове положення цілі визначається по відбитому сигналу, який модульований за кутом однотональним гармонійним коливанням з частотою Ω , містить: по першому каналу - розгалуження сигналу на дві рівні частини, одна з яких затримується на сталу часу τ_2 , друга належить по частоті до частоти гетеродину w_r та отримує затримку в часі на сталу часу τ_Φ , одержані сигнали перемножують, після чого на частоті w_r отримують сигнал $u_1(t)$, по другому каналу - сигнал затримують на сталу часу τ_1 , після чого перемножують з сигналом, затриманим на сталу часу τ_Φ , з результату перемноження на частоті w_r отримують сигнал $u_2(t)$. Згідно з винаходом з сигналів $u_1(t)$ і $u_2(t)$ виділяють спектральні складові, розташовані на частотах $w_r + \Omega$ (або $w_r - \Omega$), складову регульованого каналу затримують на сталу часу τ_3 , отримані таким чином сигнали перемножують, а з результату перемноження виділяють постійну складову, рівень якої відповідає кутовому положенню цілі.

Вказаний технічний результат досягається за рахунок того, що з спектра опорного $u_1(t)$ та

регульованого $u_2(t)$ сигналів відповідно з амплітудами $U_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta')$ та $U_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta'')$ виділяють перші гармоніки $u_1'(t)$ і $u_2'(t)$ з відповідними амплітудами $U_0 J_1(\beta')$ і $U_0 J_1(\beta'')$ (або $U_0 J_{-1}(\beta')$ і $U_0 J_{-1}(\beta'')$). Рівень складової опорного сигналу $U_0 J_1(\beta')$ (або $U_0 J_{-1}(\beta')$) постійний і має максимальне можливе значення, яке задають часовою затримкою τ_x другої лінії затримки 4, забезпечуючи $\beta' \approx 2 = \text{const}$. Рівень складової регульованого сигналу $U_0 J_1(\beta'')$ (або $U_0 J_{-1}(\beta'')$) залежить від значення відносної часової затримки τ , тобто кутового положення цілі ϕ . Сигнал $u_2(t)$ затримують на деяку сталу часу з цілю забезпечення рівності його фази з фазою сигналу $u_1(t)$, після чого ці сигнали перемножують. З результату перемножування виділяють постійну напругу, відносний рівень якої прямо пропорційний функції Бесселя $J_1(\beta'')$, яка в свою чергу залежить від індексу модуляції β'' , а його значення та знак (плюс або мінус) визначають відносною часовою затримкою вхідних сигналів τ , тобто

$$\beta'' = 2\beta \sin[0.5\Omega\tau],$$

де β - індекс модуляції зондувального сигналу;

Ω - частота, що модулює у зондувальному сигналі;

τ - відносна часова затримка сигналів, яка може приймати значення: позитивні, негативні або нуль.

Так як кутове положення цілі ϕ зв'язано з часовою затримкою виразом

$$\tau = \frac{B}{c} \sin \phi = \tau_{\max} \sin \phi,$$

де $\tau_{\max} = \frac{B}{c}$ - максимальне можливе значення відносної часової затримки вхідних сигналів, діючих на виходах антен.

то пеленгаційна характеристика буде відповідати поведінці функції Бесселя першого роду $J_1(\beta'')$. Така обробка сигналу дозволяє суттєво збільшити лінійну ділянку характеристики.

Введення в способі нових послідовностей дій: виділення з опорного і регульованого сигналів спектральних складові, розташованих на частоті $\omega_0 + \Omega$ (або на частоті $\omega_0 - \Omega$) пропорційних функції Бесселя першого порядку $J_1(\beta')$ і $J_1(\beta'')$, затримки складової регульованого сигналу, перемноження цих сигналів,

та виділення з результату перемноження постійної складової, дозволяє формувати пеленгаційну характеристику зі збільшеною лінійною ділянкою, поведінка якої відповідає функції Бесселя першого порядку $J_1(\beta)$.

Друга поставлена задача вирішується тим, що в пристрій кореляційно-фазової пеленгації, який містить змішувач, вхід якого є першим входом пристрою, другий вхід змішувача з'єднаний з гетеродином, а вихід через смуговий фільтр з'єднаний з першим входом другого перемножувача, другий вхід другого перемножувача з'єднаний з входом змішувача через другу лінію затримки, перша лінія затримки, вхід якої є другим входом пристрою, з'єднана з першим входом першого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з виходом смугового фільтра, третій перемножувач. Згідно з винаходом, в нього введені перший та другий вузькосмугові фільтри, третя лінія затримки, фільтр низьких частот, вихід якого є виходом пристрою, причому вихід другого перемножувача через перший вузькосмуговий фільтр з'єднаний з першим входом третього перемножувача, вихід першого перемножувача через послідовно ввімкнені другий вузькосмуговий фільтр та третю лінію затримки з'єднаний з другим входом третього перемножувача, вихід якого з'єднаний з фільтром низьких частот, вихід фільтра низьких частот є виходом пристрою.

На фіг. 1 приведена структурна схема запропонованого пристрою, де 1 - змішувач; 2 - гетеродин; 3,4 - перша, друга лінії затримки; 5 - смуговий фільтр; 6, 7 - перший та другий перемножувачі; 8, 9 - перший та другий вузькосмугові смугові фільтри; 10 - третій перемножувач; 11 - третя лінія затримки; 12 - фільтр низьких частот.

На фіг. 2 приведена структурна схема аналога, де 1,2 - перший і другий приймальні тракти; 3 - фазовий дискримінатор (перемножувач); 4 - фазосуваач.

На фіг. 3 приведена структурна схема прототипу, де 1 - калібрована регульована лінія затримки; 2 - фіксована лінія затримки; 3 - змішувач; 4 - гетеродин; 5 - лінія затримки; 6.1, 6.2 - перший та другий перемножувачі; 7.1, 7.2 - перший та другий режекторні фільтри; 8 - третій перемножувач; 9 - вузькосмуговий фільтр; 10 - амплітудний детектор; 11 - фільтр низьких частот.

Пристрій кореляційно-фазової пеленгації містить опорний канал, вхід якого є першим входом пристрою, який з'єднаний з виходом пристрою через послідовно ввімкнені змішувач 1, другий вхід якого з'єднаний з гетеродином 2, смуговий фільтр 5, другий перемножувач 7, другий вхід якого з'єднаний з входом змішувача 1 через другу лінію затримки 4, перший вузькосмуговий фільтр 8, третій перемножувач 10, фільтр низьких частот 12, вихід якого є виходом пристрою, регульований канал, вхід якого є другим входом пристрою, який з'єднаний з другим входом третього перемножувача 10 через послідовно ввімкнені першу лінію затримки 3, перший вхід першого перемножувача 6, другий вхід якого з'єднаний з виходом смугового фільтра 5, другий вузькосмуговий фільтр 9 та лінію затримки 11.

Пристрій відрізняється наявністю нових функціональних вузлів та зв'язків між ними, тобто додатково введені два вузькосмугових фільтри 8 і 9, лінія затримки 11 та фільтр низьких частот 12.

Пристрій працює таким чином:

Сигнал прийнятий на дві рознесенні в просторі антени має простору часову затримку t і поступає на відповідні входи пристрою.

На першому вході діє сигнал

$$u(t) = U_c \cos[w_0 t + \beta \sin(\Omega t)].$$

На другому вході - сигнал з відносною часовою затримкою t

$$u(t+\tau) = U_c \cos[w_0 (t + \tau) + \beta \sin[\Omega (t + \tau)]],$$

де w_0 - несуча частота; β - індекс модуляції сигналу зондування; Ω - модулююча частота.

У опорному каналі сигнал ділиться на дві частини. Перша частина за допомогою змішувача 1 змішується в низ по частоті на частоту w_T гетеродина 2, яка виділяється смуговим фільтром 5 і подається на перший вхід другого перемножувача 7. На другий вхід перемножувача 7 через другу лінію затримки 4 подається сигнал з входу змішувача 1. У результаті перемножування на виході другого перемножувача 7 на частоті w_r формується сигнал з кутовою модуляцією у вигляді

$$u_1(t) = U_1 \cos[w_r t + \beta' \sin[\Omega t] + \varphi_1] = U_1 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta') \cos[(w_r + n\Omega)t + \varphi_1],$$

де $\beta' = 2\beta \sin[0,5\Omega(\tau_2 - \tau_\Phi)] \approx 2,0$ - заново сформований індекс модуляції, в якому τ_2 - часова затримка другої лінії затримки 4, а τ_Φ - затримка у смуговому фільтрі 5; φ_1 - деяка початкова фаза.

У регульованому каналі сигнал $u(t+\tau)$ затримується першою лінією затримки 3 на сталу часу рівну τ , (стала часу τ , має дорівнювати τ_Φ) отримуємо сигнал

$$u(t+\tau+\tau_1) = U'_c \cos[w_0 (t + \tau + \tau_1) + \beta \sin[\Omega (t + \tau + \tau_1)]].$$

Сигнал $u(t + \tau + \tau_1)$ перемножується з сигналом з виходу смугового фільтра 5, який описується виразом

$$u(t + \tau_\phi) = U'_c \cos[(w_0 - w_r) + \beta \sin[\Omega(t + \tau_\phi)]],$$

з результату перемноження на виході першого перемножувача 6 на частоті w_r формується сигнал

$$u_2(t) = U_1 \cos[w_r t + \beta'' \sin[\Omega t] + \varphi_2] = U_1 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta'') \cos[(w_r + n\Omega)t + \varphi_2],$$

де $\beta'' = 2\beta \sin[0,5\Omega(\tau + \tau_1 - \tau_\phi)] = 2\beta \sin(0,5\Omega\tau)$ - знов сформований індекс модуляції регульованого каналу.

Вузькосмуговими фільтрами 8 та 9 у сигналах $u_1(t)$ та $u_2(t)$ виділяються спектральні складові з частотами $(w_r + \Omega)$, в результаті отримуємо сигнали:

$$u_1'(t) = U_1 J_1(\beta') \cos[(w_r + \Omega)t + \varphi_1],$$

регульований

$$u_2'(t) = U_1 J_1(\beta'') \cos[(w_r + \Omega)t + \varphi_2].$$

Регульований сигнал $u_2'(t)$ затримують у третій лінії затримки 11 на сталу часу τ_3 значення якої вибирається з умови забезпечення рівності фаз сигналів $u_1'(t)$ і $u_2'(t)$, діючих на входах третього перемножувача 10, при рівнянні просторої затримки нулю. З виходу третього перемножувача 10 фільтром низьких частот 12 виділяється постійна напруга

$$u_{\text{ВВХ}}(t) = U_2 J_1(\beta'') \cos[(w_0 + 0,5\Omega)\tau] = K J_1 \cos[(w_0 + 0,5\Omega)\tau].$$

При зміні кутового положення цілі змінюється простора затримка τ , яка приймає значення від мінус τ_{max} до плюс τ_{max} при цьому індекс модуляції β'' буде приймати значення від мінус $\beta''_{\text{max}} \approx -2,0$ до плюс $\beta''_{\text{max}} \approx 2,0$, що приведе до відповідної зміни функції Бесселя $J_1(\beta'')$, якою

визначається пеленгаційна характеристика. З урахуванням залежності $\tau = \frac{B}{c} \sin \varphi = \tau_{\text{max}} \sin \varphi$, де φ - кутове положення джерела випромінювання, пеленгаційна характеристика $F(\varphi)$ описується виразом

$$F(\varphi) = J_1[2\beta \sin(0,5\Omega\tau_{\text{max}} \sin \varphi)] \cos[(w_0 + 0,5\Omega)\tau]$$

і матиме вигляд як на фіг. 4.

Джерела інформації:

1. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник / [Белінський В.Т., Васюк ГЛ., Вунтесмері В.С. и інш.]; за ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, ВЛ. Правди. - К.: Вища школа, 1999.-838с.

3. Сорочан А.Г...-корреляционный метод пеленгации / А.Г. Сорочан // Изв. вузов. Радиоэлектроника.-2001. - № 11. - С. 57-65.

2. Патент 42816 Україна, GO IS 3/00. Спосіб вимірювання тимчасової затримки модульованого сигналу при його проходженні окремими каналами розповсюдження та пристрій для його здійснення / Сорочан А.Г., Лігінов СМ., Литвиненко В.І. -№ 97073670; заявл. 09.07.1997; опубл. 15.11.2001, - Бюл. № 10.

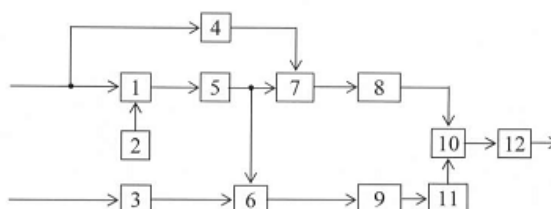
40

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

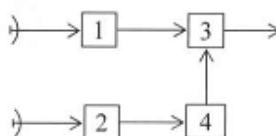
1. Спосіб кореляційно-фазової пеленгації, згідно з яким кутове положення цілі визначається по відбитому сигналу, який модульований за кутом однотональним гармонійним коливанням з частотою Ω , містить: по першому каналу - розгалуження сигналу на дві рівні частини, одна з яких затримується на сталу часу τ_2 , друга належить по частоті до частоти гетеродину w_r та отримує затримку в часі на сталу часу τ_ϕ , одержані сигнали перемножують, після чого на частоті w_r отримують сигнал $u_1(t)$, по другому каналу - сигнал затримують на сталу часу τ_1 , після чого перемножують з сигналом, затриманим на сталу часу τ_ϕ , з результату перемноження на частоті w_r отримують сигнал $u_2(t)$, який **відрізняється** тим, що з сигналів $u_1(t)$ і $u_2(t)$ виділяють спектральні складові, розташовані на частотах $w_r + \Omega$ (або $w_r - \Omega$), складову регульованого каналу затримують на сталу часу τ_3 , отримані таким чином сигнали перемножують, а з результату перемноження виділяють постійну складову, рівень якої відповідає кутовому положенню цілі.

2. Пристрій кореляційно-фазової пеленгації, який містить змішувач, вхід якого є першим входом пристрою, другий вхід змішувача з'єднаний з гетеродином, а вихід через смуговий фільтр

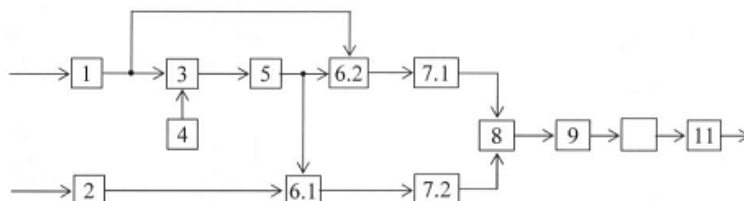
з'єднаний з першим входом другого перемножувача, другий вхід другого перемножувача з'єднаний з входом змішувача через другу лінію затримки, перша лінія затримки, вхід якої є другим входом пристрою, з'єднана з першим входом першого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з виходом смугового фільтра, третій перемножувач, який **відрізняється** тим, що в нього введені перший та другий вузькосмугові фільтри, третя лінія затримки, фільтр низьких частот, причому вихід другого перемножувача через перший вузькосмуговий фільтр з'єднаний з першим входом третього перемножувача, вихід першого перемножувача через послідовно вимкнені другий вузькосмуговий фільтр, третю лінію затримки з'єднаний з другим входом третього перемножувача, вихід якого з'єднаний з фільтром низьких частот, вихід фільтра низьких частот є виходом пристрою.



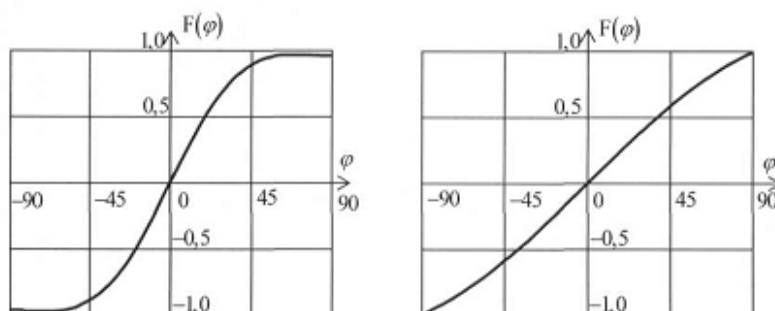
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4