



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31064 (13) U
(51) МПК (2006)
G01R 23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЧ ЧАСТОТИ ГІДРОАКУСТИЧНОГО ДОПЛЕРІВСЬКОГО ЛАГА

1

2

(21) u200712828

(22) 19.11.2007

(24) 25.03.2008

(46) 30.12.1899, Бюл.№ , 1899 р.

(72) ОНИЩУК ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA,
БАРАСЬ СВЯТОСЛАВ ТАДІОНОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56)

(57) Вимірювач частоти гідроакустичного доплерівського лага, який містить обмежувач, вхід якого з'єднано з входом детектора, а вихід об'єднано з другим входом другого елемента "i", лічильним входом першого тригера і входом інвертора, вихід якого під'єднано до лічильного входу другого тригера, інформаційний вхід першого тригера об'єднано з виходом блока керування і першим входом керуючого блока ділення, а вихід під'єднано до другого входу першого елемента "i" та інформаційного входу другого тригера, вихід якого з'єднано з другим входом другого елемента "i", виходи першого та другого елементів "i" з'єднані відповідно з входами лічильників опорної та виміральної частот, виходи яких під'єднані відповідно до першого і другого інформаційних входів керуючого блока ділення, перший вихід якого об'єднано з входами обнулення лічильника періодів опорної частоти і

лічильника періодів виміральної частоти, перший, другий та третій інформаційні виходи керуючого блока ділення з'єднані відповідно з вхідною шиною вимірювача, першим та другим інформаційними входами блока керування, другий вхід якого під'єднано до першого входу першого елемента "i", третій та четвертий інформаційні входи керуючого блока ділення з'єднані відповідно з другою та третьою вхідними шинами, вхід блока керування об'єднано з виходом детектора, причому блок керування містить послідовно з'єднані пороговий пристрій, перший та другий програмовані таймери і інвертор, вихід якого є входом блока керування, причому вхід порогового пристрою є виходом детектора і першим входом блока керування, а об'єднані лічильні входи першого та другого програмованих таймерів є другим входом блока керування, об'єднані шини даних і шини керування першого та другого програмованих таймерів є відповідно першим і другим інформаційними входами блока керування, який відрізняється тим, що в блок керування введено третій елемент "i", суматор, а як пороговий пристрій використано двопороговий компаратор, причому вихід третього елемента "i" під'єднано до входу інвертора, а вхід - до виходу двопорогового компаратора, вхід суматора під'єднано до виходу керуючого блока ділення.

Корисна модель належить до області техніки, зокрема до радіовимірювань та може бути використана для визначення частоти заповнення радіосигналів з амплітудною та кутовою модуляціями.

Відомий приймальний тракт імпульсного високоточного доплерівського лага, який складається з послідовно з'єднаних антени, блоку аналогової обробки, АЦП, буферного оперативного запам'ятовуючого пристрою, блоку виділення доплерівської частоти, а також контролеру. [Патент РФ №2120131, кл. G 01 S 15/58, 1998-аналог].

Недоліком приведеного аналогу є велика похибка вимірювань швидкості носія, зумовлена

тим, що під час обробки і вимірювання прийнятих сигналів в приймальному тракті не враховується тонка структура цих сигналів (законів поведінки їх високочастотного заповнення та обвідної). В результаті не якісно оброблений та підсилений сигнал поступає до блоку вимірювання доплерівських зсувів частоти і не забезпечує високої точності їх вимірювання.

Найбільш близьким до запропонованого є вимірювач частоти гідроакустичного доплерівського лага, який містить обмежувач, вхід якого з'єднано з входом детектора, а вихід об'єднано з другим входом другого елемента "i", лічильним входом першого тригера і входом інвертора, вихід якого під'єднано до лічильного

UA (19) 31064 (13) U

входу другого тригера, інформаційний вхід першого тригера об'єднано з виходом блоку керування і першим входом керуючого блоку ділення, а вихід під'єднано до другого входу першого елемента "і" та інформаційного входу другого тригера, вихід якого з'єднано з другим входом другого елемента "і", виходи першого та другого елементів "і" з'єднані відповідно з входами лічильників опорної та вимірювальної частоти, виходи яких під'єднані відповідно до першого і другого інформаційних входів керуючого блоку ділення, перший вихід якого об'єднано з входами обнулення лічильника періодів опорної частоти і лічильника періодів вимірювальної частоти, перший, другий та третій інформаційні виходи керуючого блоку ділення з'єднані відповідно з вхідною шиною вимірювача, першим та другим інформаційними входами блоку керування, другий вхід якого під'єднано до першого входу першого елемента "і", третій та четвертий інформаційні виходи керуючого блоку ділення з'єднані відповідно з другою та третьою вхідними шинами, вхід блоку керування об'єднано з виходом детектора, причому блок керування містить послідовно з'єднані пороговий пристрій, перший та другий програмовані таймери і інвертор, вихід якого є входом блоку керування, причому вхід порогового пристрою є виходом детектора і першим входом блоку керування, а об'єднанні лічильні входи першого та другого програмованих таймерів є другим входом блоку керування, об'єднанні шини даних і шини керування першого та другого програмованих таймерів є відповідно першим і другим інформаційними входами блоку керування [Авторське свідоцтво СРСР №1700492 А1, кл. G 01 R 23/00, 1982р.].

Однак, даний прилад має недостатню точність вимірювання частоти високочастотного заповнення прийнятого сигналу, оскільки він не враховує спотворення частоти всередині доплерівського сигналу, які пов'язані із модуляцією амплітуди, частоти та маніпуляцією фази високочастотного заповнення доплерівського сигналу.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення точності вимірювання несучої частоти прийнятого доплерівського сигналу шляхом його стробування. Моделювання цих сигналів показало, що істинне значення доплерівської частоти зосереджене в межах тих стробів, де амплітуда обвідної сигналу приймає максимальні значення. Якщо проводити вимірювання несучої частоти заповнення цих стробів, то можна визначити істинне значення доплерівських зсувів частоти.

Поставлена задача досягається тим, що в вимірювач частоти гідроакустичного доплерівського лага містить обмежувач, вхід якого з'єднано з входом детектора, а вихід об'єднано з другим входом другого елемента "і", лічильним входом першого тригера і входом інвертора, вихід якого під'єднано до лічильного входу другого тригера, інформаційний вхід першого тригера об'єднано з виходом блоку керування і першим входом керуючого блоку ділення, а вихід під'єднано до другого входу першого елемента "і"

та інформаційного входу другого тригера, вихід якого з'єднано з другим входом другого елемента "і", виходи першого та другого елементів "і" з'єднані відповідно з входами лічильників опорної та вимірювальної частоти, виходи яких під'єднані відповідно до першого і другого інформаційних входів керуючого блоку ділення, перший вихід якого об'єднано з входами обнулення лічильника періодів опорної частоти і лічильника періодів вимірювальної частоти, перший, другий та третій інформаційні виходи керуючого блоку ділення з'єднані відповідно з вхідною шиною вимірювача, першим та другим інформаційними входами блоку керування, другий вхід якого під'єднано до першого входу першого елемента "і", третій та четвертий інформаційні виходи керуючого блоку ділення з'єднані відповідно з другою та третьою вхідними шинами, вхід суматора під'єднано до виходу керуючого блоку ділення, блок керування містить двопорогового компаратора, вхід якого під'єднано до виходу детектора, перший вихід двопорогового компаратора під'єднано до входу першого програмованого таймера, другий вихід до третього елемента "і", який виконує функцію електронного ключа, вхід другого програмованого таймера під'єднано до виходу першого програмованого таймера, вихід другого програмованого таймера під'єднано до третього елемента "і", вихід якого під'єднано до входу інвертора.

На фіг. 1 показана структурна схема вимірювача частоти гідроакустичного доплерівського лага, виконаного згідно даної корисної моделі; на фіг. 2 - структурна схема блоку керування; на фіг. 3-5 - принципи роботи вимірювача частоти.

Вимірювач частоти гідроакустичного доплерівського лагу (фіг. 1) містить першу вхідну шину 1, блок 2 керування, детектор 3, опорний генератор 4, лічильник 5 періодів опорної частоти, лічильник 6 періодів вимірювальної частоти, обмежувач 7, інвертор 8, тригери 9 та 10, перший 11 та другий 12 елементи "і", керуючий блок 13 ділення, другу вхідну шину 14, третю вхідну шину 15, вихідну шину 16 та суматор 27. Вхід обмежувача 7 об'єднаний з вхідною шиною 1 вимірювача та входом детектора 3, а вихід через другий елемент "і" 12 приєднано до лічильного входу лічильника 6 періодів вимірювальної частоти, а також через інвертор 8 приєднано до лічильного входу тригера 10, вихід якого приєднано до другого входу другого елемента "і" 12. Вихід опорного генератора 4 під'єднаний до другого входу блоку 2 керування і через перший елемент "і" 11 з'єднаний з входом лічильника 5. Лічильний вхід тригера 9 під'єднано до виходу обмежувача 7, інформаційний вхід об'єднаний з виходом блоку 2 керування та першим входом керуючого блоку 13 ділення, а вихід об'єднаний з другим входом першого елемента "і" 11 і інформаційним входом тригера 10. Перший вхід керуючого блоку 13 ділення об'єднаний з входами обнулення лічильників 5 і 6, виходи яких під'єднані відповідно до першого та другого інформаційних входів керуючого блоку 13 ділення, його перший

інформаційний вхід є вихідною шиною вимірювача, а другий та третій інформаційні виходи з'єднані відповідно з першим та другим інформаційними входами блоку керування. Третій та четвертий інформаційні входи керуючого блоку 13 ділення є відповідно другою та третьою вхідними шинами вимірювача. Вихід керуючого блоку 13 ділення об'єднаний з входом суматора 27.

Блок 2 керування (фіг. 2) складається з двопорогового компаратора 17, вхід якого під'єднано до виходу детектора 13, перший вихід двопорогового компаратора 17 під'єднано до входу програмованого таймера 18, другий вихід до третього елементу "і" 26, який виконує функцію електронного ключа. Вхід програмованого таймера 19 під'єднано до виходу програмованого таймера 18, в його вхід під'єднано до третього елементу "і" 26, вихід якого під'єднано до входу інвертора 20. Причому вхід 21 двопорогового компаратора 17 та об'єднанні лічильні входи 22 програмованих таймерів 18 та 19 є відповідно першим та другим входами блоку 2 керування. Об'єднанні шини 23 даних і шини 24 керування програмованих таймерів 18 та 19 є відповідно першим та другим інформаційними входами блоку 2 керування, а вихід 25 - вихід блоку керування 2.

Вимірювач частоти гідроакустичного доплерівського лагу працює наступним чином.

Доплерівський сигнал, частоту заповнення якого потрібно вимірювати, по першій вхідній шині 1 надходить на вхід обмежувача 7 сигналів і детектора 3. Детектор 3 виділяє обвідну доплерівського сигналу, котра поступає на перший вхід блоку 2 керування (фіг. 2, 4а), обмежувач 7 сигналів формує послідовність прямокутних імпульсів заповнення радіосигналу (фіг. 5а). На виході блоку 2 керування формується N стробів вимірювання: $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$, тривалість і час виникнення яких залежить від характеру поведінки обвідної доплерівського сигналу, глибини амплітудної модуляції доплерівського сигналу та тривалості перехідних процесів у підсилювально-вибіркових колах тракту попередньої обробки інформації. Сумарна тривалість цих імпульсів завжди менша тривалості прийнятого доплерівського сигналу як мінімум на величину $2\tau_{\phi}$:

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_n < \tau_{\text{випр}} - 2\tau_{\phi} \quad (1)$$

де τ_{ϕ} - тривалість спотворених перехідними процесами кола переднього та заднього фронтів доплерівського сигналу.

Слід зазначити, що перший позитивний перепад першого вимірювального стробу τ_1 відстає від початку доплерівського сигналу як мінімум на величину τ_{ϕ} , а негативний перепад останнього вимірювального стробу τ_n випереджає на ту ж саму величину закінчення доплерівського сигналу (фіг. 4д).

З появою першого позитивного перепаду першого вимірювального стробу τ_1 , що надходить на вхід тригера 9 з виходу обмежувача 7 сигналів, строб τ_1 переписується на вхід тригера 9 (фіг. 5г). Елемент "і" 11, що виконує функцію електронного ключа, відкривається і імпульси з виходу опорного генератора 4 надходять на вхід опорного

лічильника 5 періодів опорної частоти, котрий розпочинає їх підрахунок. Тригер 10 перекидається в одиничний стан на половину періоду вимірювальної частоти пізніше тригера 9, оскільки вхідна послідовність надходить на його вхід через інвертор 8. Елемент "і" 12, що виконує також функцію електронного ключа, відкривається і лічильник 6 періодів вимірювальної частоти розпочинає підрахунок останніх з затримкою на один період відносно лічильника 5 періодів опорної частоти. Після закінчення стобу τ_1 елементи "і" 11 та 12 в такій же послідовності, а також робота лічильників 5 та 6 зупиняється. Результати підрахунку імпульсів надходять із лічильників 5 та 6 в керуючий блок ділення 13, котрий визначає частоту заповнення радіоімпульсу f_1 яка відповідає стробу τ_1 за формулою:

$$f_1 = \frac{n_b}{n_{\text{оп}}} F_{\text{оп}} \quad (2)$$

де n_b - кількість імпульсів, які підраховані лічильником 6 періодів вимірювальної частоти; $n_{\text{оп}}$ - кількість імпульсів, які підраховані лічильником 5 періодів опорної частоти; $F_{\text{оп}}$ - частота опорного генератора 4.

Після того, як дані лічильників 5 та 6 надійшли для розрахунків, блок ділення обнуляє лічильники періодів, для того, щоб розпочати розрахунок наступного стробу вимірювання.

Завдяки організованій синхронізації імпульси опорної частоти надходять на лічильник (підраховуються) протягом часу, який обов'язково дорівнює цілому числу періодів вимірювальної частоти.

Розглянемо тепер роботу блоку 2 керування та формування вимірювальних строб-імпульсів $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$. Для цього проаналізуємо алгоритм функціонування керуючого блоку 13 ділення.

Спочатку керуючий блок 13 ділення формує сигнали обнуління лічильників 5 та 6, котрі подаються на їх входи обнуління. Після цього відбувається очікування ознаки про те, що лаг випроменив радіоімпульс, котра надходить по вхідній шині 15. Після фіксації ознаки випромінювання, виконується збір інформації про тривалість випроміненого радіоімпульсу $\tau_{\text{випр}}$, а також про встановлену смугу пропускання приймального тракту ΔF з вхідної шини 14. Далі відбувається розрахунок коефіцієнтів K_1 та K_2 .

Коефіцієнт K_1 пропорційний величині τ_{ϕ} (фіг. 4в), котра співпадає по величині з інтервалом часу t_0 (фіг. 3) і характеризує початкову та кінцеву частини доплерівського сигналу, що були спотворені під час формування доплерівського сигналу та під час обробки у підсилювально-вибіркових колах лагу. Коефіцієнт K_2 пропорційний величині $\tau_{\text{вим}}$ (фіг. 4г), яка дорівнює:

$$\tau_{\text{вим}} = \tau_{\text{випр}} - 2\tau_{\phi} \quad (3)$$

Спотворення несучої частоти на початку і в кінці доплерівського сигналу спричинені в основному такими факторами:

1) незавершеність просторово-часової структури фронтів, що пояснюється не повним озвученням ділянки дна;

2) тривалість перехідних процесів у вибіркових колах приймального тракту

$$\frac{1}{\Delta F}$$

У зв'язку з цим необхідно визначити, котрий з них більший по величині для даної тривалості випромінювання. Для цього відбувається порівняння добутку $K_1 \cdot T_0$, де T_0 - період опорного

генератора 4, з величиною $\frac{1}{\Delta F}$. Якщо добуток менше, величини коефіцієнту K_1 приймається рівною $\frac{1}{\Delta F}$, в іншому випадку залишається без зміни.

Після цього виконується розрахунок коефіцієнту K_2 за формулою:

$$K_2 = \frac{\tau_{\text{випр}} - 2K_1 \cdot T_0}{T_0} \quad (4)$$

Строби вимірювання $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_N$ визначаються в процесі прийому в результаті аналізу обвідної доплерівського сигналу. Для цього обвідну луно-сигналу порівнюють з певним двома пороговими значенням $U_{\text{пор1}}$ та $U_{\text{пор2}}$ (фіг. 4а), які залежить від коефіцієнту автоматичного регулювання підсилення, який повинен бути передбачений у колі попереднього підсилення, глибини амплітудної модуляції доплерівського сигналу та тривалості перехідних процесів частотно-вибіркових кіл тракту попередньої обробки інформації доплерівського лагу.

Отримані коефіцієнти K_1, K_2 завантажуються відповідно у програмовані таймери 18 та 19 блоку керування 2 по шині даних 23. Розділення завантаження по часу виконується за допомогою шини 24 керування.

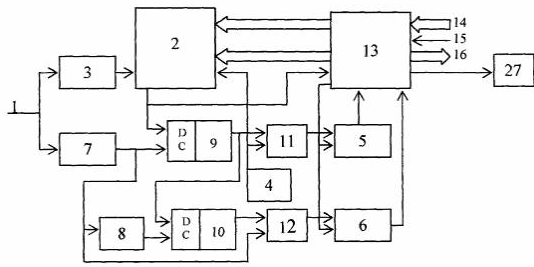
Розглянемо роботу блоку 2 керування. Обвідна доплерівського сигналу, що надходить по входу 21 з виходу детектора 3, подається на двопороговий компаратор 17. На виході компаратора формуються N позитивних строб-імпульсів $t'_1, t'_2, t'_3 \dots t'_N$, що відповідають перевищенню обвідної доплерівського сигналу встановлених порогових напруги $U_{\text{пор1}}$ та $U_{\text{пор2}}$ (фіг. 4а і б). Величина порогової напруги $U_{\text{пор1}}$ приймається з урахуванням прийнятого в лагу відношення сигнал шум та коефіцієнта автоматичного регулювання підсилення на вході вибіркових кіла приймального тракту. Порогова напруги $U_{\text{пор2}}$ повинна бути більша напруги $U_{\text{пор1}}$ на величину, яка пропорційна часу запізнення обвідної сигналу, спричиненого перехідними процесами частотно-вибіркових кіл тракту попередньої обробки інформації доплерівського лагу. Двупороговий компаратор 17 у початковому стані очікування налаштований на поріг $U_{\text{пор1}}$, після спрацювання, коли відбувається перевищення обвідної сигналу порогу $U_{\text{пор1}}$, компаратор налаштовується на рівень $U_{\text{пор2}}$, і знаходиться у такому стані доки обвідна не стане меншою $U_{\text{пор2}}$. Після цього компаратор переходить у стан очікування наступного перевищення обвідної порогу $U_{\text{пор1}}$ і алгоритм повторюється. Перший строб-імпульс t'_1 надходить на керуючий вхід програмованого таймера 18 та на елемент 26

"і", що виконує функцію електричного ключа. По позитивному перепаду строб-імпульсу на вході програмованого таймера 18 встановлюється напруга низького рівня і розпочинається підрахунок імпульсів опорної частоти, що надходять на лічильні входи програмованих таймерів по входу 22 блока 2 керування (фіг. 4в). Оскільки в програмований таймер заздалегідь був завантажений коефіцієнт K_1 , то через час $\tau_{\text{ф}} = K_1 \cdot T_0$ на його виході знову встановиться напруга високого рівня. Імпульс з виходу програмованого таймера 18 подається на керуючий вхід програмованого таймера 19, котрий розпочинає підрахунок імпульсів опорної частоти по позитивному перепаду вхідного імпульсу. На його виході сформується імпульс тривалістю $\tau_{\text{вим}} = \tau_{\text{випр}} - 2\tau_{\text{ф}}$, який надходить на вхід елемента 26 "і", що виконує функцію електричного ключа, в результаті на його виході з'являється перший строб-імпульс τ_1 котрий через інвертор 20 подається на вихід 25 блоку 2 керування, (фіг. 4г). По закінченню τ_1 закінчується τ_1 . Таким чином отримується імпульс τ_1 , що відповідає часовому інтервалу t_1 (фіг. 5). Ознака про закінчення вимірювання першого стробу τ_1 надходить по першому входу на керуючий блок ділення 13. Після фіксації ознаки закінчення стробу вимірювання виконується зчитування результатів підрахунку лічильниками 5 та 6, і їх обнулення для того щоб розпочати вимірювання другого стробу τ_2 і т.д. Частота f_1 високочастотного заповнення першого вимірювального стробу τ_1 розраховується за формулою (2) і результат надходить на суматор 27.

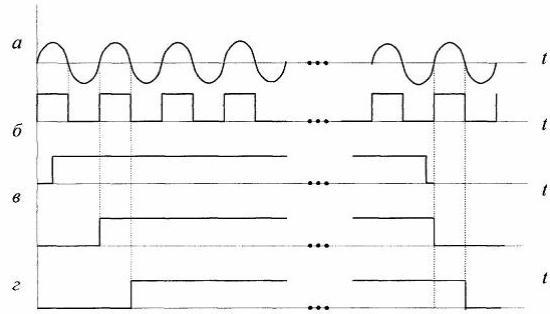
Аналогічно відбувається формування стробів $\tau_2, \tau_3 \dots \tau_N$ та вимірювання відповідних частот $f_1, f_2 \dots f_N$. В результаті усереднення несучих частот доплерівського сигналу в межах кожного вимірювального стробу, суматор 27 визначає середню частоту f_c доплерівського сигналу за формулою:

$$f_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \quad (5)$$

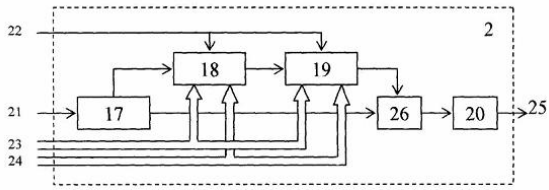
Таким чином, підвищення точності вимірювання частоти заповнення доплерівського сигналу досягається за рахунок вимірювання частот високочастотного заповнення цього сигналу в межах певних стробів, котрі вільні від частотних спотворень, та усереднення цих значень частот.



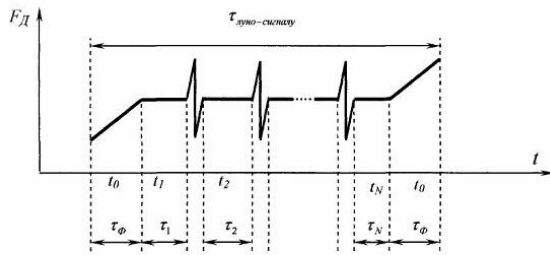
Фиг. 1



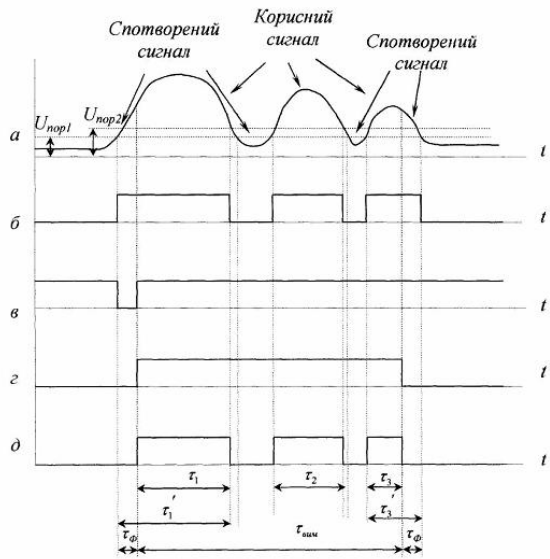
Фиг. 5



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4