



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61867 (13) U
(51) МПК
G01S 17/42 (2006.01)
G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ ТА МОЖЛИВІСТЮ ПОШУКУ, ФОРМУВАННЯ І ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ЛА

1

2

(21) u201104004

(22) 04.04.2011

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, БАЛАБУХА ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КОЗИНА ОЛЬГА АНДРІЇВНА, ЛУКОВСЬКИЙ ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ, НАКОНЕЧНИЙ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА, який містить керуючий

елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з літальним апаратом та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми "i", реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta v_{m \text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{m \text{ оп}}$, $2\Delta v_{m \text{ оп}}$, $3\Delta v_{m \text{ оп}}$, $6\Delta v_{m \text{ оп}}$) від передавального лазера, який **відрізняється** тим, що після СПМБРК замість блока дефлекторів введено модифікований блок дефлекторів.

Запропонована корисна модель належить до галузі електров'язку і може бути використана для синтезу лазерної інформаційно-вимірювальної системи (ЛІВС) з частотно-часовим методом (ЧЧМ) пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату (ЛА).

Відомий «Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів» [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (ЛН), селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА, резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (ФІ), тригери „1”|„0”, схеми „i” («i»), резонансні лічильники (РЛч), схеми порівняння (СП), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та $\Delta v_{m \text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{m \text{ оп}}$, $2\Delta v_{m \text{ оп}}$

$\Delta v_{m \text{ оп}}$, $3\Delta v_{m \text{ оп}}$, $6\Delta v_{m \text{ оп}}$) від передавального лазера.

Недоліком відомого каналу є те, що він не може формувати та обробляти зображення ЛА.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА» [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багато частотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок (МІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери „1”|„0”, схеми „i”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta v_{m \text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{m \text{ оп}}$, $2\Delta v_{m \text{ оп}}$, $3\Delta v_{m \text{ оп}}$, $6\Delta v_{m \text{ оп}}$) від переда-

(13) U

(11) 61867

(19) UA

вального лазера.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не виконує додаткового сканування сумарною діаграмою спрямованості (ДС) лазерного випромінювання за умови пошуку ЛА.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання кутових швидкостей (прискорення α' і β') ЛА, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на частотах міжмодових биттів $9\Delta v_{\text{мн}} \dots N\Delta v_{\text{мн}}$ та, в разі необхідності, пошук ЛА у заданій зоні із заданим законом сканування, формування і обробку його зображення.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери „1”„0”, схеми „і”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta v_{\text{м оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп}}$, $2\Delta v_{\text{м оп}}$, $3\Delta v_{\text{м оп}}$, $6\Delta v_{\text{м оп}}$) від передавального лазера, додатково після СПМБРК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД).

Побудова каналу вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА пов'язана з використанням синхронізованого одномодового багаточастотного випромінювання єдиного лазера-передавача та ЧЧМ [3].

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає в високоточному вимірюванні кутової швидкості (прискоренні α' і β') ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, багатоканальному (N) інформаційному взаємозв'язку з ЛА на частотах міжмодових биттів та, в разі необхідності, пошуку ЛА у заданій зоні, формуванні і обробки його зображення.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: 1 - вимірювальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації; $\Delta v_{\text{м оп}} \dots$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп}}$, $2\Delta v_{\text{м оп}}$, $3\Delta v_{\text{м оп}}$, $6\Delta v_{\text{м оп}}$) від передавального лазера.

На фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування сумарною ДС лазерного випромінювання у невеликому куті і окремо 4-ма діаграмами спрямованості в ортогональних площинах.

На фіг. 3 приведено створення лазерного сиг-

налу із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків пропонуємого каналу.

Запропонований канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери „1”„0”, схеми „і”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta v_{\text{м оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп}}$, $2\Delta v_{\text{м оп}}$, $3\Delta v_{\text{м оп}}$, $6\Delta v_{\text{м оп}}$) від передавального лазера.

Робота запропонованого каналу полягає в наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-передавача (Лп) за допомогою СПМ БРК виділяються необхідні пари частот для створення:

багатоканального (N) інформаційного зв'язку, за умови використання сигналів комбінацій подовжніх мод (на різницевої частоті міжмодових биттів $\Delta v_{101} = v_{10} - v_9 = 9\Delta v_{\text{м}}, \dots N\Delta v_{\text{мн}}$);

рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних ДС, за умови використання різницевої частоти міжмодових биттів

$$\Delta v_{54} = v_5 - v_4 = \Delta v_{\text{м}}, \quad \Delta v_{97} = v_9 - v_7 = 2\Delta v_{\text{м}}, \quad \Delta v_{63} = v_6 - v_3 = 3\Delta v_{\text{м}}, \quad \Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_{\text{м}};$$

лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з двох подовжніх мод (несучих частот v_{n1} , v_{n2}).

Груповий лазерний сигнал, який складений із частот міжмодових биттів $N\Delta v_{\text{мн}}$, минаючи МБД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від МІБ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається ЛА (створення взаємозв'язку) (фіг. 1, 2).

За допомогою СПМБРК та МІБ створюються два лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення лазерного випромінювання (кожної несучої частоти v_{n1} та v_{n2}) на два променя з поворотом плоскості поляризації на кут 90° в одному з них (v_{n1a} , v_{n1b} та v_{n2a} , v_{n2b} фіг. 2, 3). При цьому випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній плоскості UOV рознесені на відстані ρ . Різниця ходу пучків до картинної плоскості ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різниця фаз між поляризованими компонентами, що ортогональні поля у картинній плоскості також змінюється від точки до точки. В залежності від різності фаз у картинній плоскості змінюється вигляд поляризації сумарного поля сигналу, що зондує від лінійної через еліп-

тичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної к начальної і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами ρ та відстанню до картинної площини R . Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано по гармонійному закону з коефіцієнтом модуляції та дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, в даній ділянці поверхні ЛА.

Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) частот міжмодових биттів Δv_m , $2\Delta v_m$, $3\Delta v_m$ та $6\Delta v_m$ надходить на МБД, що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують МБД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з ЛН живляться від керуючого елемента. Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот: $v_5, v_4 = \Delta v_m$, $v_9, v_7 = 2\Delta v_m$, $v_6, v_3 = 3\Delta v_m$ та $v_8, v_2 = 6\Delta v_m$ фокусується в скануємі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин α і β або X і Y , при цьому груповий (інформаційний) лазерний сигнал частот $9\Delta v_m \dots N\Delta v_m$ та лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації (v_{n1a} , v_{n1b} та v_{n2a} , v_{n2b}) проходять вдовж РСН (фіг. 2).

При відбитті лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від поверхні ЛА змінюються амплітудні і фазові співвідношення між ортогонально поляризаційними компонентами, параметри їх поляризаційні і, відповідно, комплексні коефіцієнти когерентності відбитого поля. Просторовий розподіл поляризаційних характеристик такого відбитого сигналу по зміні контрасту модуляційної структури зображення несе також інформацію про типи матеріалів у складі поверхні ЛА, їх характеристики і тощо. Тому у модифікованому інформаційному блоці здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Прийняті ПРМО від ЛА інформаційні та лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС лазерного випромінювання, відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, за допомогою фотодетектора перетворюються в електричні імпульсні сигнали на несучих частотах і різницевих частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП вони розподіляються:

в МІБ для обробки інформації, що приймається від ЛА та відбитого лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від його поверхні для формування і обробки зображення ЛА;

по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів: Δv_m від, $2\Delta v_m$ від, $3\Delta v_m$ від, $6\Delta v_m$ від.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП1 і РП2 (РП Δv_m від і РП $2\Delta v_m$ від) формують сигнал прискорення α' , а РП3 і РП4 (РП $3\Delta v_m$ від і РП $6\Delta v_m$ від) - прискорення β' .

Формування сигналу прискорення α' полягає в наступному.

Виділені імпульси ФІ 1 першої І лінії від опорної частоти Δv_m оп надходять на РЛЧ 1 (фіг. 3). У цей же час відбитий від ЛА оптичний сигнал часто-

ти міжмодових биттів, який перетворюється ФТД у радіочастоту міжмодових биттів Δv_m від, змінюється по закону руху ДС лазерного випромінювання, перетворюється у другої лінії ІІ ФІ 2 у точках переходів півперіодів сканування в імпульси (один імпульс за півперіод сканування), надходить на тригер «1» та запускає його першим імпульсом. Перший імпульс, який надходить від тригера, відкриває РЛЧ для рахування імпульсів від ФІ 1 і схему «І» для перезапису на схему порівняння. Другий імпульс від тригера надходить на реверсивний вхід того ж РЛЧ, який здійснює зворотній рахунок імпульсів, які надходять через нього. Третій та наступні імпульси надходять на тригер і роблять аналогічні дії першому. Другий імпульс не надходить на схему «І», а третій імпульс, як і перший, надходить на ФІ 3, схему «І», пропускає різностне число на схему порівняння і т.д.

Таким чином, в РЛЧ записується число імпульсів порівняно різності подовженого та покороченого (руху ДС) півперіоду сканування. Півперіод сканування подовжується тоді, коли швидкість руху ЛА співпадає з швидкістю руху ДС, а коли не співпадає - покорочується.

Формування сигналу прискорення β' відбувається таким же чином, як для прискорення α' . Отримання інформації про кутові швидкості (прискорення α' і β') з її відображенням відбувається в ЕЦОМ.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору груповий сигнал, який складений із частот міжмодових биттів і несучих частот v_n , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блока дефлекторів, де кут та напрямки відхилення сумарної ДС задається БКД (фіг. 1, 2).

Формування сумарної ДС лазерного випромінювання, створення РСН, інформаційного каналу для каналу, що пропонується, пов'язано із задоволенням жорстких вимог, що пред'являються до спектру випромінювання одномодового багаточастотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів.

Кількість інформаційних каналів (N) в каналі, що пропонується, залежить від кількості мод (несучих частот v_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель №48402, Україна, МІП G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. /О.В. Коломійцев, В.В. Белімов, Д.Г. Васильєв та ін. - № u200911402; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5 - 8 с.

2. Патент на корисну модель №55499, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА. /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Белімов та ін. - № u201008874; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23. - 10 с.

3. Патент на корисну модель №55645, Україна,

МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В. Коломій-

цев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

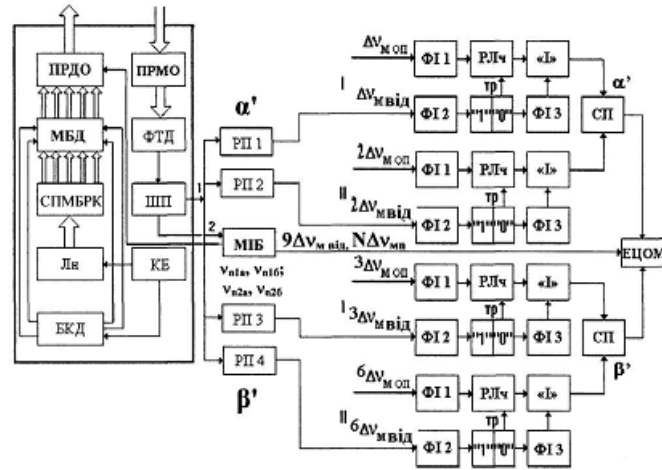


Fig. 1

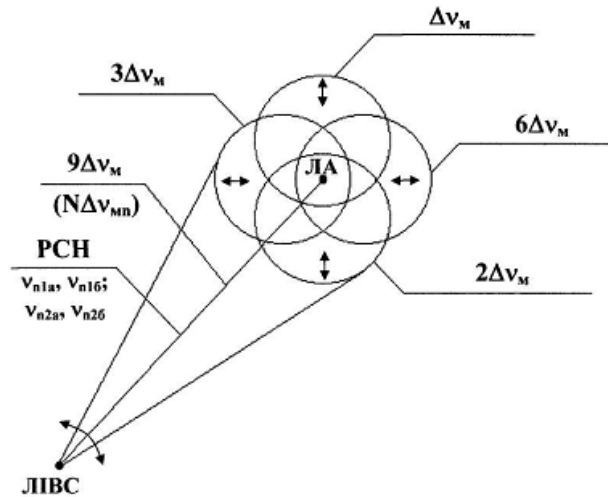
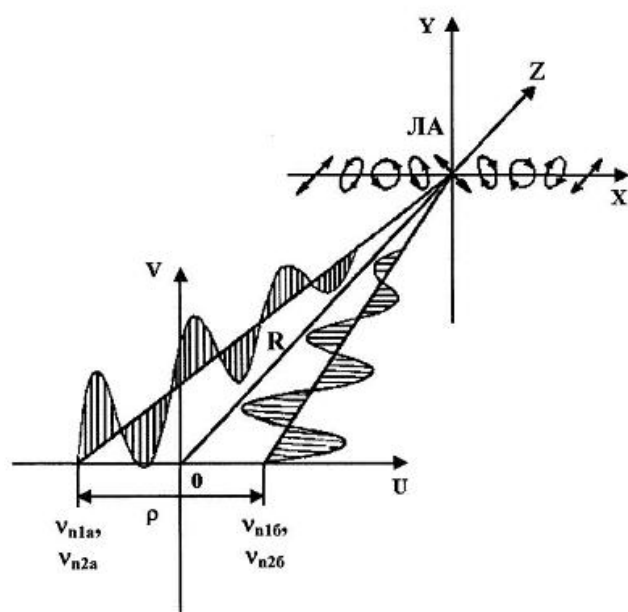
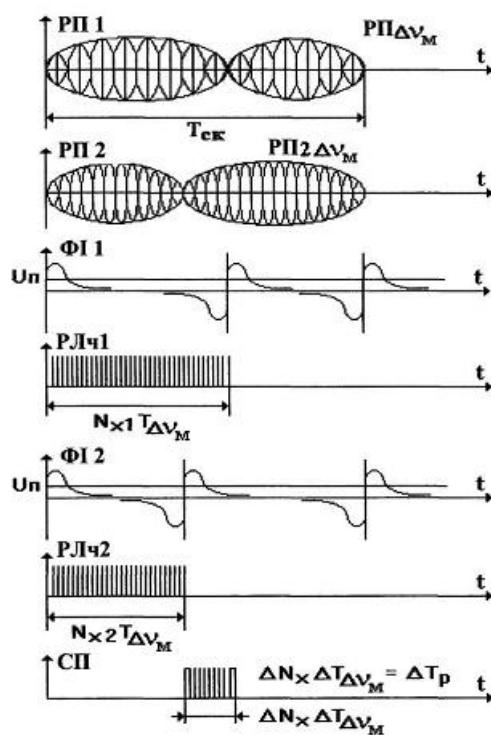


Fig. 2



Фіг. 3



Фіг. 4