



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61868 (13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ ТА МОЖЛИВІСТЮ ПОШУКУ, ФОРМУВАННЯ І ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ЛА**

1

2

(21) u201104008

(22) 04.04.2011

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КВІТКІН КОСТЯНТИН ПЕТРОВИЧ, 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 радіальної швидкості 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 (Лн), селектор подовжніх мод з багато-

частотним розділенням каналів (СПМБРК), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутний підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з літальним апаратом (ЛА) та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, схему "і", лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta\nu_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' ЛА та  $6\Delta\nu_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta\nu_{m\text{оп}}$ ) від передавального лазера (Лн+СПМБРК), який **відрізняється** тим, що після СПМБРК замість блока дефлекторів введено модифікований блок дефлекторів.

Запропонована корисна модель належить до галузі електровз'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 радіальної швидкості 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), ширококутний підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА, резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (ФІ), схему „і" ("І"), лічильник (Лч), змішувачі (ЗМ), фільтр (Ф), формувач мірних імпульсів (ФМІ), дешифратор (ДШ), фазову автопідстройку частоти (ФАПЧ) на частоті міжмодових

биттів, керуючий генератор (КГ), опорний генератор (ОГ) з частотою підставки  $\Delta\nu_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ), блок відображення вимірювальної інформації (БВІ) про радіальну швидкість R' літального апарату (ЛА) та  $6\Delta\nu_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta\nu_{m\text{оп}}$ ) від передавального лазера (Лн+СПМБРК).

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 радіальної швидкості 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 багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутний підсилювач, модифікований інформаційний блок (МІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резо-

(13) U

(11) 61868

(19) UA

нансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість  $R'$  ЛА,  $6\Delta v_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК).

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 радіальної швидкості літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання радіальної швидкості ЛА у широкому діапазоні дальностей, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на частотах міжмодових биттів  $9\Delta v_m \dots N\Delta v_{mn}$  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 відомий 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, широкосмуговий 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, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість  $R'$  ЛА,  $6\Delta v_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК), додатково після СПМБРК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД).

Побудова каналу вимірювання радіальної швидкості 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 радіальної швидкості  $R'$  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 приведено передаючий бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: 1 - вимірювальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: I - структурна схема реалізації стежучого принципу вимірювання; II - структурна схема вимірювання радіальної швидкості ЛА.

На фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування сумарною діаграмою спрямованості лазерного випромінювання у невеликому куті і окремо 4-мя ДС в ортогональних площинах.

На фіг. 4 приведено створення лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації.

Запропонований канал вимірювання радіальної швидкості 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, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість  $R'$  ЛА та  $6\Delta v_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК).

Робота запропонованого каналу полягає в наступному (фіг. 1-3).

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

багатоканального (N) інформаційного зв'язку, за умови використання сигналів комбінацій подовжніх мод (на різницевої частоті міжмодових биттів  $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_m, \dots, N\Delta v_{mn}$ );

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

$$\Delta v_{54} = v_5 - v_4 = \Delta v_m, \Delta v_{97} = v_9 - v_7 = 2\Delta v_m,$$

$$\Delta v_{63} = v_6 - v_3 = 3\Delta v_m, \Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_m;$$

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  $N\Delta v_{mn}$ , 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. 1-3).

За допомогою СПМБРК та МІБ створюються два лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення лазерного випромінювання (кожної несучої частоти  $\nu_{n1}$  та  $\nu_{n2}$ ) на два променя з поворотом плоскості поляризації на кут  $90^\circ$  в одному з них ( $\nu_{n1a}$ ,  $\nu_{n1b}$ , та  $\nu_{n2a}$ ,  $\nu_{n2b}$  фіг. 3,4). При цьому випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній плоскості UOV рознесені на відстані  $\rho$ . Різниця ходу пучків до картинної плоскості ЛА ХОУ змінюється вдовж осі Х від точки до точки. Обумовлена цією різницею 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 еліптичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної к початкової і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами  $\rho$  та відстанню до картинної плоскості R. Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано по гармонійному закону з коефіцієнтом модуляції, дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, в даній ділянці поверхні ЛА.

Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_m$ ,  $2\Delta\nu_m$ ,  $3\Delta\nu_m$  та  $6\Delta\nu_m$  надходить на МБД, який складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують БД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 1-3). Період сканування задається БКД, який разом з Лн живляться від керуючого елемента. Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот:  $\nu_5, \nu_4 = \Delta\nu_m$ ,  $\nu_9, \nu_7 = 2\Delta\nu_m$ ,  $\nu_6, \nu_{13} = 3\Delta\nu_m$  та  $\nu_{11}, \nu_2 = 6\Delta\nu_m$  фокусується в скануєми точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або Х і У, при цьому груповий (інформаційний) лазерний сигнал частот  $9\Delta\nu_m \dots N\Delta\nu_m$  та лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації ( $\nu_{n1a}$ ,  $\nu_{n1b}$ , та  $\nu_{n2a}$ ,  $\nu_{n2b}$ ) проходять вдовж РСН (фіг. 3).

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 різницевої частоті 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:  $\Delta\nu_m$  від,  $2\Delta\nu_m$  від,  $3\Delta\nu_m$  від,  $6\Delta\nu_m$  від.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП 4 ( $Pn6\Delta\nu_m$ ) формують сигнал радіальної швидкості, а РП1 ( $P\Delta\nu_m$ ), РП2 ( $P2\Delta\nu_m$ ) і РП3 ( $P3\Delta\nu_m$ ) - для інших вимірювальних каналів ЛІВС.

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, що відображається у ЕЦОМ. Тому у ІБРМ також здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Принцип вимірювання радіальної швидкості R' ЛА полягає в наступному (фіг. 1,2).

На перший змішувач (ЗМ1) від РП 4 ( $P16\Delta\nu_m$ ) подається сигнал із частотою  $6\Delta\nu_m$  від, який змішується через зворотній зв'язок зі сумішшю частот  $6\Delta\nu_m$  від +  $\nu_m$  п, від КГ та фільтрується. У ФАПЧ на частоті міжмодових биттів цей сигнал змішується з частотою  $\nu_n$  від ОГ. Отриманий сигнал з частотою  $\Delta\nu_r$  з виходу А керуючого генератора подається на вхід другого змішувача (ЗМ2), де змішується з опорною частотою  $6\Delta\nu_m$ .

Сигнал різницевої частоти  $6\Delta\nu_m$  від  $-(\Delta\nu_m - \nu_m$  п), отриманий з виходу Ф2, через Ф1 надходить на схему "І". На лічильник проходить пачка імпульсів, обумовлена мірним інтервалом від ФМ1.

Виділена дешифратором кількість рахункових імпульсів пропорційна частоті  $\nu_m$  допл, перетворюється в ЕЦОМ у цифроаналоговий сигнал, який у цифровому вигляді відображає радіальну швидкість ЛА на цифровому табло блоку відображення інформації.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору груповий сигнал, який складений із частот міжмодових биттів і несучих частот  $\nu_n$ , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блоку дефлекторів, де кут та напрямки відхилення сумарної ДС задається БКД (фіг. 1-3).

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) залежить від кількості мод (несучих частот  $\nu_n$ ), які мають

необхідні вихідні характеристики для використання.

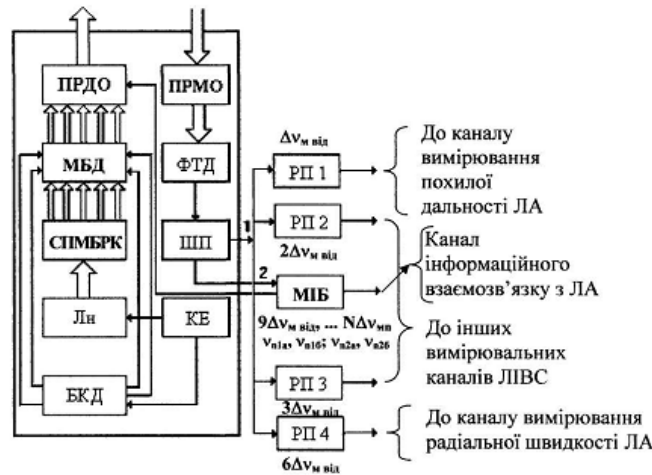
Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель № 48401, Україна, МПК G01 S17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. /О.В. Коломійцев, В.В. Белімов, Д.Г. Васильєв та ін. - № u200911401; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5-10 с.

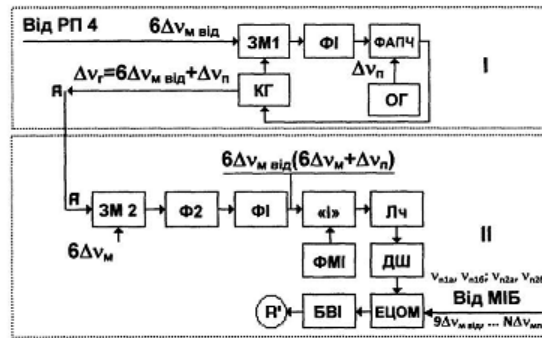
2. Патент на корисну модель №55502, Україна, МПК G01 S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з використан-

ням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА. /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Белімов та ін. -№ U201008907; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23.-10 с.

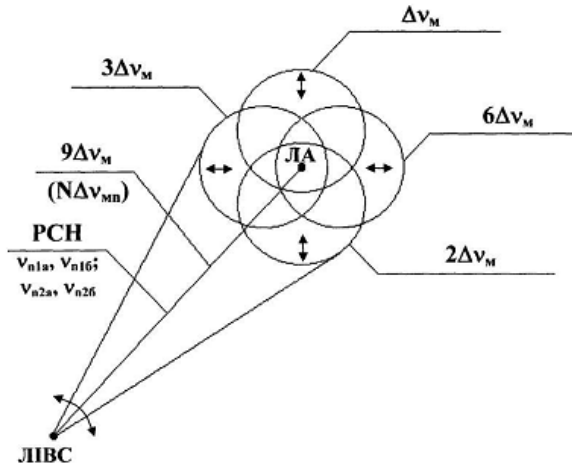
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01 S17/42,G01S17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24.-14 с.



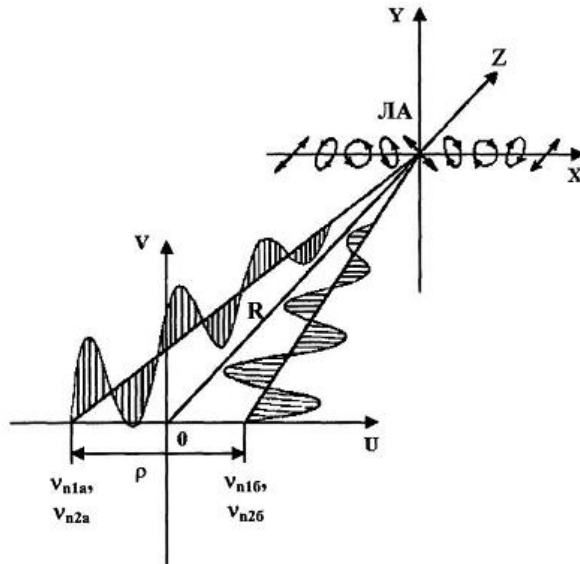
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4