



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61313 (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 РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З БСПМ ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201102343

(22) 28.02.2011

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ЖИЛІН ЄВГЕН ІГОРОВИЧ, КАТУНІН АЛЬБЕРТ МИКОЛАЙОВИЧ, КОЗІНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ЛУКОВСЬКИЙ ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ, ПРИХОДЬКО ВОЛОДИМИР МУСІЙОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою (Лн), багатофункціональний селектор подовжніх мод (БСПМ), блок дефлекторів, передавальну оптику,

приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач (ШП), 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 Δv_m , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' літального апарата та $6\Delta v_m$ -введення опорної частоти ($6\Delta v_{m\text{оп}}$) від передавального лазера (Лн+БСПМ), який **відрізняється** тим, що після ШП замість інформаційного блока введено інформаційний блок з розширеними можливостями із б-введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарата, що виміряна.

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 апарата (ЛА).

Відомий «Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів для лазерної інформаційно-вимірювальної системи» [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), широкопasmовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), 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 (ДТТТ), фазову автопідстройку частоти (ФАПЧ) на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор (КГ), опорний генератор (ОГ) з частотою

підставки Δv_n , електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ), блок відображення інформації (БВІ) про радіальну швидкість R' літального апарата (ЛА) та $6\Delta v_m$ - введення опорної частоти ($6\Delta v_{m\text{оп}}$) від передавального лазера (Лн+СПМ).

Недоліком відомого каналу є те, що він не здійснює інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах ν_n .

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів» [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатофункціональний селектор подовжніх мод (БСПМ), блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, схему „і“, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач

(13) U

(11) 61313

(19) UA

мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки Δv_n , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' ЛА та $6\Delta v_m$ - введення опорної частоти ($6\Delta v_{\text{моп}}$) від передавального лазера (Лн+БСПМ).

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не використовує лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах v_{n1} та v_{n2} для детального розпізнавання ЛА.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання радіальної швидкості у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах v_n і частоті міжмодових биттів та, завдяки використанню поляризаційних ознак ЛА, що отримуються, детально розпізнавати його за короткий час.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомий канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатфункціональний селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок, 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 Δv_n , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' ЛА та $6\Delta v_m$

- введення опорної частоти ($6\Delta v_{\text{моп}}$) від передавального лазера (Лн+БСПМ) додатково після ШП замість ІБ введено інформаційний блок з розширеними можливостями (ІБРМ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Побудова каналу вимірювання радіальної швидкості R' 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, стійкому багатоканальному (N) інформаційному взаємозв'язку з ЛА на несучих частотах v_n і частоті міжмодових биттів та розширенні набору поляризаційних ознак розпізнавання ЛА, що отримуються, підвищенні ефективності і скороченні часу на його розпізнавання.

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 4-мя діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання в ортогональних площинах.

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

Запропонований канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатфункціональний селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок з розширеними можливостями із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, 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 Δv_n , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' ЛА та $6\Delta v_m$ - введення опорної частоти ($6\Delta v_{\text{моп}}$) від передавального лазера (Лн+БСПМ).

Робота запропонованого каналу полягає в наступному. Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання YAG:Nd³⁺ - лазера (або лазера з більш кращими характеристиками) (Лн) за допомогою БСПМ [4] виділяються необхідні пари частот для створення:

багатоканального (N) інформаційного зв'язку, за умови використання сигналу комбінації подовжніх мод (на різницевій частоті міжмодових биттів $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_m$), а також - подовжніх мод (несучих частот v_n);

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

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

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

Груповий сигнал, який складений із частоти міжмодових биттів $9\Delta v_m$ і несучих частот v_n , ми-

наючи БД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від ІБРМ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається для ЛА (взаємозв'язок) (фіг. 1, 2).

Також, за допомогою БСПМ та ІБРМ створюється лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації шляхом створення лазерного випромінювання із двох несучих частот (ν_{n1} та ν_{n2}) у

вигляді двох променів з вертикальною (ν_{n1}) та горизонтальною (ν_{n2}) поляризацією (фіг. 4). При цьому випромінювання апертури першого і другого поляризаційних каналів в апертурній площині VOU рознесені на відомій відстані $\Delta\nu_q$. Різниця ходу пучків до картинної площини ЛА ХОУ змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різниця фаз (амплітуд) між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки. В залежності від різниці фаз (амплітуд) у картинній площині змінюється вигляд поляризації сумарного поля сигналу, що зондує від лінійної через еліптичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної к началної і т.д. Період зміни вигляду поляризації

визначається базою між випромінювачами $\Delta\nu_q$ та відстанню до картинної площини 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 сигнал частот міжмодових биттів $\Delta\nu_m$, $2\Delta\nu_m$, $3\Delta\nu_m$ та $6\Delta\nu_m$ потрапляє на БД, який створений з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують БД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лн живляться від КЕ. Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот: $\nu_5, \nu_4 = \Delta\nu_m$, $\nu_9, \nu_7 = 2\Delta\nu_m$, $\nu_6, \nu_3 = 3\Delta\nu_m$ та $\nu_8, \nu_2 = 6\Delta\nu_m$ фокусується в скануєми точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин α і β або X і Y. При цьому частоти ν_n , інформаційний сигнал $\nu_{10}, \nu_1 = 9\Delta\nu_m$ та сигнал із просторовою модуляцією поляризації ν_{n1}, ν_{n2} проходять вдовж РСН (фіг. 2, 3).

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 ІБРМ для обробки інформації, що приймається від ЛА та відбитого лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від його поверхні;

по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів: $\Delta\nu_{\text{мвід}}$, $2\Delta\nu_{\text{мвід}}$, $3\Delta\nu_{\text{мвід}}$ та $6\Delta\nu_{\text{мвід}}$.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП 4 (РП6А_у_м) формують сигнал радіальної швидкості, а РП1 (РП $\Delta\nu_m$), РП2 (РП $2\Delta\nu_m$) і РП3 (РП $3\Delta\nu_m$) - 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 РП4 (РП6 $\Delta\nu_m$)

подається сигнал із частотою $6\Delta\nu_{\text{мвід}}$, який змішується через зворотній зв'язок зі сумішшю частот $6\Delta\nu_{\text{мвід}} + \nu_{\text{мп}}$, від КГ та фільтрується. У ФАПЧ на частоті міжмодових биттів цей сигнал змішується з частотою ν_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 $6\Delta\nu_{\text{мвід}} - (\Delta\nu_m - \nu_{\text{мп}})$, 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 $\nu_{\text{мдопл}}$, перетворюється в ЕЦОМ у цифроаналоговий сигнал, який у цифровому вигляді відображає радіальну швидкість ЛА на цифровому табло блока відображення інформації.

Вимірювальна інформація про тангенціальну складову швидкості (кутові швидкості) ЛА від каналу кутових швидкостей використовується в ІБРМ, де завдяки додатковій обробці елементів поляризаційної матриці розсіяння ЛА від отриманого поляризаційного поля (суми сигналів різної поляризації) забезпечується точне значення кутових швидкостей ЛА, розширюється набір ознак його розпізнавання, підвищується ефективність та скорочується час на розпізнавання ЛА, що супроводжується.

Формування сумарної ДС лазерного випромінювання, створення РСН, інформаційного каналу для каналу, що пропонується, пов'язано із задоволенням жорстких вимог, що пред'являються до

