



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62843 (13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ЛАЗЕРНА ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201107487

(22) 14.06.2011

(24) 12.09.2011

(46) 12.09.2011, Бюл.№ 17, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ВОРОБІЙОВ РУСЛАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, КОВАЛЬЧУК АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ОСІЄВСЬКИЙ СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ТАРШИН ВОЛОДИМИР АНАТОЛІЙОВИЧ, ХУДАРКОВСЬКИЙ КОСТЯНТИН ІГОРОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Лазерна вимірювальна система з розширеними можливостями, яка містить вимірювальний блок (ВБ), який складається з пристрою формування каналів, пристрою формування сигналів, пристроїв формування сигналів похибки, виконавчих механізмів по кутах азимута і місця, вимірювальних каналів похилої дальності R, радіальної швидкості R', кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$  та кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$ , яка відрізняється тим, що перед ВБ замість приймача-передавача введено приймально-передавальну апаратуру та замість інформаційного блока введено блок з розширеними можливостями.

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

Відома «Система автоматичного супроводження ЛА за напрямком на багатомодових лазерах» [1], яка містить лазер, блок лазерної накачки, селектор подовжніх мод, передаючу оптику, приймаючу оптику, фото детектор, резонансні підсилувачі, схеми порівняння, пристрій сигналу похибки, виконавчий пристрій та канали вимірювання похилої дальності R і радіальної швидкості R'. Система забезпечує авто-супроводження ЛА за напрямком (АСН) при одночасному вимірюванні R, R' та кутів азимута і місця.

Недоліком відомої системи є те, що вона не вимірює кутову швидкість ЛА і не використовує її для підвищення астатизму каналу АСН.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Лазерна інформаційно-вимірювальна система» [2], яка містить приймально-передавач (ПРМ-ПРД), інформаційний блок (ІБ), вимірювальний блок (ВБ), який складається з пристрою формування каналів (ПФК), пристрою формування сигналів (ПФС), пристроїв формування сигналів похибки (ПФСП), виконавчих механізмів (ВМ) по кутах азимута і місця

та вимірювальних каналів похилої дальності R, радіальної швидкості R', кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ , кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$ .

Недоліком системи-прототипу є те, що вона не здійснює пошук ЛА у заданій зоні простору, не використовує лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах  $\nu_{n1}$  і  $\nu_{n2}$  та прямі виміри тангенціальної швидкості (кутові швидкості) для детального розпізнавання ЛА.

В основу корисної моделі поставлена задача створити лазерну вимірювальну систему з розширеними можливостями, яка дозволить здійснювати пошук ЛА в заданій зоні простору із заданим законом сканування і при стійкому кутовому авто-супроводженні, одночасно вимірювати похилу дальність R, радіальну швидкість R', кути азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ , кутові швидкості  $\alpha'$  і  $\beta'$  у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту та, в разі необхідності, завдяки використанню його поляризаційних ознак, що отримуються, детально розпізнавати ЛА за коротким часом.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в систему-прототип, яка містить приймально-передавач, інформаційний блок, вимірювальний блок, який складається з пристрою формування каналів, пристрою формування сигналів, пристроїв формування сигналів похибки, виконавчих механізмів по кутах азимута і місця та

(19) UA (11) 62843 (13) U

вимірювальних каналів похилої дальності R, радіальної швидкості R', кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ , кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$ , додатково перед ВБ замість ПРМ-ПРД введено приймально-передавальну апаратуру (ПРМ-ПРД А) та замість ІБ введено блок з розширеними можливостями (БРМ).

Побудова ЛВС з розширеними можливостями пов'язана з використанням синхронізованого одномодового багато-частотного випромінювання єдиного лазера-передавача та ЧЧМ [3].

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає в стійкому кутовому авто-супроводженні ЛА, високоточному вимірюванні похилої дальності R, радіальної швидкості R', кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ , кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$  у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту та, в разі необхідності, скануванні сумарною діаграмою спрямованості (ДС) лазерного випромінювання в заданій зоні із заданим законом сканування для виявлення ЛА, розширенні набору поляризаційних ознак розпізнавання ЛА, що отримуються, підвищенні ефективності і скороченні часу на його розпізнавання.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованої ЛВС.

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

На фіг. 3 приведено зустрічне сканування пар парціальних ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин.

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

Запропонована лазерна вимірювальна система з розширеними можливостями містить приймально-передавальну апаратуру, блок з розширеними можливостями, вимірювальний блок, який складається з пристрою формування каналів, пристрою формування сигналів, пристроїв формування сигналів похибки, виконавчих механізмів по кутах азимута і місця та вимірювальних каналів похилої дальності R, радіальної швидкості R', кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ , кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$ .

Робота лазерної вимірювальної системи з розширеними можливостями полягає в наступному. У ПРМ-ПРД А із синхронізованого одномодового багато-частотного спектра випромінювання лазера-передавача за допомогою модифікованого селектору подовжніх мод (МСПМ) [4] виділяються необхідні пари частот та окремі несучі частоти для створення:

- РСН на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки 4-х парціальних діаграм спрямованості, які частково перетинаються, за умови використання різницевої частот міжмодових биттів (фіг. 2, 3):

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

- лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з

двох подовжніх мод (несучих частот  $v_{n1}$ ,  $v_{n2}$ ) (фіг. 4).

За допомогою МСПМ та БРМ створюється лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації шляхом створення лазерного випромінювання із двох несучих частот ( $v_{n1}$  та  $v_{n2}$ ) у вигляді двох променів з вертикальною ( $v_{n1}$ ) та горизонтальною ( $v_{n2}$ ) поляризацією (фіг. 4).

При цьому випромінювання апертури першого і другого поляризаційних каналів в апертурній плоскості VOU рознесені на відомій відстані  $\Delta v_q$ . Різниця ходу пучків до картинної плоскості ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різниця фаз (амплітуд) між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній плоскості також змінюється від точки до точки.

В залежності від різниці фаз (амплітуд) у картинній плоскості змінюється вигляд поляризації сумарного поля сигналу, що зондує від лінійної через еліптичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної до початкової і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами  $\Delta v_q$  та відстанню до картинної плоскості 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.

Сигнал частот міжмодових биттів  $\Delta v_M$ ,  $2\Delta v_M$ ,  $3\Delta v_M$  та  $6\Delta v_M$  надходить на модифікований блок дефлекторів (МБД), що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують МБД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 2). Проходячи через передаючу оптику, 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 скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС у кожній із двох ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або X і Y, при цьому лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації (на несучих частотах  $v_{n1}$  та  $v_{n2}$ ) проходить вдовж РСН (фіг. 2).

Зустрічне сканування пар парціальних ДС у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 2, 3), приводить до зрушення огинаючих періодів пачок імпульсів частот міжмодових биттів за один повний прохід ДС лазерного випромінювання у прямому і зворотному напрямку сканування (похибки по кутах), а також до зміни тривалостей огинаючих пачок імпульсів частот міжмодових биттів за неповний прохід ДС лазерного випромінювання у прямому або зворотному напрямку сканування відбитого сигналу від ЛА (похибки по кутовим швидкостям), який приймається ПРМ-ПРД А. ПФК розподіляє сигнали похибок по вимірювальним каналам.

Зустрічне сканування пар парціальних ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 3) дозволяє вимірювати як похилу дальність до ЛА по запізнюванню частот

міжмодових биттів каналом R, так і його радіальну швидкість доплерівським методом каналом R', оскільки найкращий режим сканування - при на пів перекритті ДС лазерного випромінювання (фіг. 2).

У ПФС сигнали, які отримані від зустрічного сканування пар парціальних ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин, перетворюються, завдяки зрушенням огинаючих періодів пачок імпульсів частот міжмодових биттів, у сигнали кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ . Завдяки зрушенням на півперіодів (тривалостей) огинаючих пачок імпульсів частот міжмодових биттів за один прохід ДС лазерного випромінювання в одному напрямку сканування (прямого або зворотного), у сигнали кутової (тангенціальної) складової швидкості ЛА у каналі вимірювання кутових швидкостей ( $\alpha'$  і  $\beta'$ ).

За зрушеннями огинаючих періодів пачок імпульсів частот міжмодових биттів у пристроях формування сигналів похибки (ПФСП - по кутах азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ ), формуються сигнали похибки по кутових координатах, що корегуються прогнозованими динамічними похибками, які через виконавчі механізми (ВМ - по кутах азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ ) розвертають ПРМ-ПРД А таким чином, щоб рівно-сигнальний напрямок постійно проходить через ЛА.

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 несе також інформацію про зміни контрасту модуляційної структури зображення про типи матеріалів у складі поверхні ЛА, їх характеристики і тощо. Тому у блоці з розширеними можливостями здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Вимірювальна інформація про тангенціальну складову швидкості (кутові швидкості) ЛА від каналу кутових швидкостей використовується в БРМ, 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.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору, складений із частот міжмодових биттів груповий сигнал сканується у вигляді сумарної ДС лазерного випромінювання за допомогою модифікованого блокадефлекторів, де кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається блоком керування дефлекторів ПРМ-ПРД А (фіг. 2).

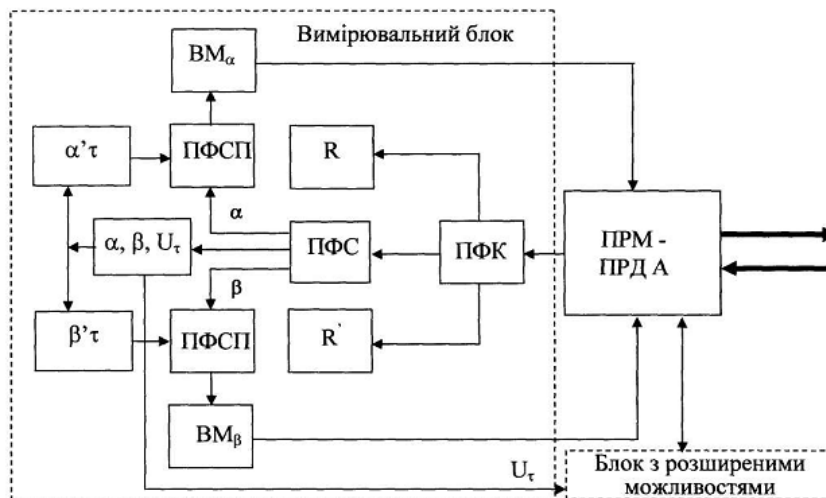
Джерела інформації:

1. Рондин Ю.П., Коломійцев А.В. Система автоматического сопровождения объекта по направлению на многомодовых лазерах. // Информационные системы. Вып. - 1(5). - Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. - 1997. -С. 35-39.

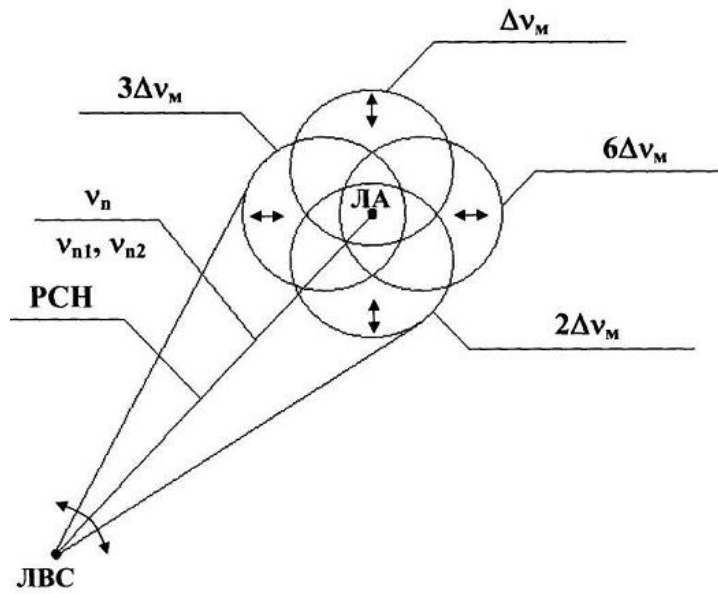
2. Патент на корисну модель № 23214, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Лазерна інформаційно-вимірювальна система. / О.В. Коломійцев - № U200700043; заяв. 02.01.2007; опубл. 10.05.2007; Бюл. № 6 - 6 с

3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01S17/42, 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

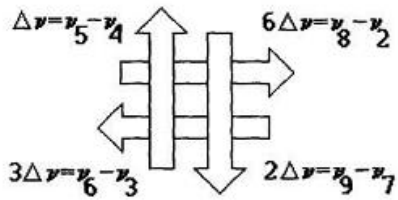
4. Патент на корисну модель № 43725, Україна, МПК H04Q1/453. Модифікований селектор подовжніх мод. / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Белімов та ін. - № u200903693; заяв. 15.04.2009; опубл. 25.08.2009; Бюл. № 16.-6 с



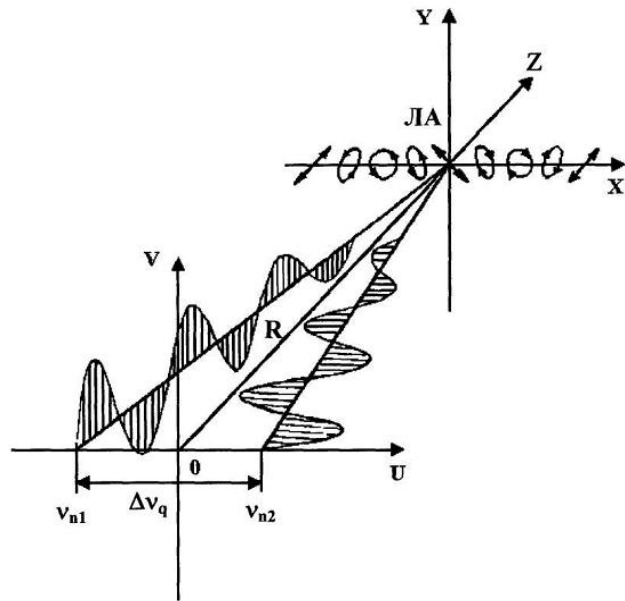
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4