



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45541 (13) U  
(51) МПК  
G01S 17/42 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ЛВС

1

2

(21) u200906717

(22) 26.06.2009

(24) 10.11.2009

(46) 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, БЄЛІМОВ ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, КАДУБЕНКО СТАНІСЛАВ ВАЛЕНТИНОВИЧ, КАТУНІН АЛЬБЕРТ МИКОЛАЙОВИЧ, РИСОВАНИЙ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, СІДЧЕНКО СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ТОЛСТОЛУЗЬКА ОЛЕНА ГЕННАДІЙВНА, ХУДАРКОВСЬКИЙ КОСТЯНТИН ІГОРОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для ЛВС, який містить керуючий

елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою (Лн), блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових бітів  $\Delta\nu_m$  і  $2\Delta\nu_m$ , призму для частоти міжмодових бітів  $\Delta\nu_m$ , передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широко-смуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, формувач імпульсів, тригер, схему "і", лічильник, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовний ланцюжок, випрямляч, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення інформації про вимірювальну похилу дальність, який відрізняється тим, що після Лн додатково введено селектор подовжніх мод з дефлектором.

Запропонована корисна модель відноситься до галузі електрозв'язку і може бути використана для побудови передаючої частки лазерної вимірювальної системи (ЛВС) з модернізованим частотно-часовим методом вимірювання (МЧЧМВ).

Відома «Система автоматичного супроводження літального апарату (ЛА) за напрямком (АСН) на багатомодових лазерах» [1], яка містить послідовно з'єднані лазер з блоком лазерної накачки (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), передаючу оптику (ПДО), прийомну оптику (ПМО), фотодетектор (ФТД), резонансні підсилювачі (РП), схеми порівняння, пристрій сигналу похибки, виконавчі механізми (ВМ).

Недоліками відомої системи є те, що в її структурі немає схем вимірювальних каналів, якими вона може бути доповнена.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал вимірювання похилої дальності літальних апаратів на основі модернізованого частотно-часового методу вимірювання» [2], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призму для частоти міжмодових бітів  $\Delta\nu_m$ , блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових

бітів  $\Delta\nu_m$  і  $2\Delta\nu_m$ , призму для частоти міжмодових бітів  $\Delta\nu_m$ , передаючу оптику, приймаючу оптику, фотодетектори (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, формувач імпульсів (ФІ), тригер ("1"|"0"), схему "і" («I»), лічильник (Лч), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Д), диференційовану оптику (ДО), підсилювач (П), фільтр (Ф), диференційовний ланцюжок (ДЛ), випрямляч (Вип), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та блок відображення інформації (БВІ) про вимірювальну похилу дальність R.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не здійснює додаткове сканування сумарною діаграмою спрямованості (ДС) у невеликому куті при умові швидкого маневру ЛА

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для ЛВС, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання радіальної швидкості ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, та в разі маневру ЛА - довертання сумарною ДС у невеликому куті в точку маневру.

UA (11) 45541 (13) U

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомий канал-прототип [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призму для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$  і  $2\Delta v_m$ , призму для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , передаючу оптику, приймаючу оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер, схему "і", лічильник, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференціює оптику, підсилювач, фільтр, диференціює ланцюжок, випрямляч, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення інформації (БВІ) про вимірювальну похилу дальність R, замість СПМ введено СПМ з дефлектором (СПМД) [3].

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для ЛВС пов'язана з використанням МЧЧМВ [4] та синхронізованого одно-модового багаточастотного випромінювання єдиного лазера-передавача.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у високоточному вимірюванні похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, та в разі маневру ЛА - довертання сумарною ДС у невеликому куті в точку маневру.

На Фіг.1 приведено передаючий бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу.

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

На Фіг.3 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На Фіг.4 приведені епюри напруг з виходів блоків вимірювання похилої дальності до ЛА, де: а) від блоку опорного сигналу; б) від блоку відбитого сигналу.

Запропонований канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для ЛВС містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з дефлектором, призму для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$  і  $2\Delta v_m$ , призму для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , передаючу оптику, приймаючу оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер, схему "і", лічильник, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференціює оптику, підсилювач, фільтр, диференціює ланцюжок, випрямляч, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення інформації (БВІ) про вимірювальну похилу дальність.

Робота запропонованого каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для ЛВС полягає в наступному.

Із синхронізованого одно-модового багаточастотного спектра випромінювання YAG:Nd<sup>3+</sup> - ла-

зера (або лазера з найбільш кращими показниками) (Лн) за допомогою СПМД виділяються необхідні пари частот для створення рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних діаграм спрямованості, за умови використання різницевої частоти міжмодових биттів  $\Delta v_{54}=v_5-v_4=\Delta v_m$ ,  $\Delta v_{97}=v_9-v_7=2\Delta v_m$ ,  $\Delta v_{63}=\Delta v_6-\Delta v_3=3\Delta v_m$ ,  $\Delta v_{82}=v_8-v_2=6\Delta v_m$ .

Сигнал частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$ ,  $2\Delta v_m$ ,  $3\Delta v_m$  та  $6\Delta v_m$  надходить на БД, що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС попарно зустрічне 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:  $v_5$ ,  $v_4=\Delta v_m$ ,  $v_9$ ,  $v_7=2\Delta v_m$ ,  $v_6$ ,  $v_3=3\Delta v_m$  та  $v_8$ ,  $v_2=6\Delta v_m$  фокусується в скануєми точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС у кожній із двох ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або X і Y (Фіг.2).

Прийняті ПРМО від ЛА відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різницевої частоті міжмодових биттів. Підсилені ШП, вони розподіляються по резонансних підсилювачах, які настроєні на відповідні частоти:  $\Delta v_m$ ,  $2\Delta v_m$ ,  $3\Delta v_m$ ,  $6\Delta v_m$ . При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП 1 (РПЛУМ) - формують сигнал про похилу дальність до ЛА, а РП2 (РП $2\Delta v_m$ ), РП 3 (РП $3\Delta v_m$ ) і РП 4 (РП $6\Delta v_m$ ) - формують сигнали для інших вимірювальних каналів ЛВС (Фіг.1).

Принцип роботи грубої шкали каналу вимірювання похилої дальності до рухомого під довільним кутом і на різній відстані ЛА, полягає в наступному.

На передаючому боці. Виділена СПМД перша пара частот  $v_{5,4}$  розщеплюється призмою на два оптичних сигнали (Фіг.3, 4):

1) основний - скануєми дефлектором під визначеним кутом (з часом  $T_{ск}$ , що задається від БКД), який проходить через ключ для виділення «бланкуючого» імпульсу (бланк - нуль) і розщепитель, де відбувається виділення додаткового сигналу (2) - надходить на передавальну оптику і далі на ЛА;

2) додатковий (1) - переутворюєми фотодетектором в електричний імпульсний сигнал різницевої частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$  - надходить на Ф11, де відбувається виділення «пачок» імпульсів, прийнятих схемою «І».

Отриманий від ФТД, додатковий оптичний сигнал частоти  $v_{5,4}$  з «бланкуючими» імпульсами перетворений в сигнал  $\Delta v_m$  - здобуває чіткі границі «бланкуючого» імпульсу, проходячи оптику, що диференціює, - підсилюється. Фільтр із смугою пропускання  $P=1/\tau_i$  (де  $\tau_i$  - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу «бланкуючі» імпульси - в імпульсні сигнали, які, проходячи ланцюжок, що диференціює і випрямляч - (ФІ=ДЛ+Вип), виділяються у виді одного короткого імпульсу за поча-

ток «бланкуючого» імпульсу - надходять на тригер з індексом «І» - включаючи його.

На прийомному боці. Відбитий від ЛА основний сигнал частот  $\nu_{5,4}$  у сумі з груповим, мінуючи ПРМО, перетворюється ФД в електричний імпульсний сигнал  $\Delta\nu_m$ , підсилюється ШП, виділяється в РП, як сигнал міжмодової частоти  $\Delta\nu_m$  і, проходячи через Дет, перетворюється таким же чином, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти  $\Delta\nu_m$ , надходить тільки на тригер с індексом «О», «перекидаючи» його. Сигнал, що надходить з тригера на схему «І», здійснює періодичне «відкриття» і «закриття» проходу для «пачок» імпульсів з Ф11, що підраховуються лічильником і відпрацьовуються у виді числа про похильну дальність R ЛА, через ЕЦОМ на БВІ.

Таким чином відбувається вимір похилої дальності до ЛА на грубій шкалі. Перехід на точну шкалу (генерація пікосекундних імпульсів) здійснюється одразу же після припинення включення ключа (для формування «бланкуючого» імпульсу). Так як канал виміру R пропонується ввести до складу структури ЛВС з МЧЧМВ, то вмикання та вимикання ключа відбувається одночасно для 2-ох (пар) частот  $\nu_{5,4}$  і  $\nu_{9,7}$ .

Апаратні помилки виміру дальності в пропонуваному варіанті каналу виміру похилої дальності - це помилки визначення початку і кінця відліку часового інтервалу, помилки за рахунок дискретності і нестабільності частоти проходження тактових (рахункових) імпульсів. Точність оцінки інтервалу визначається крутістю огинаючої при заданому граничному значенні напруги  $U_n$  та залежить від форми скануючої ДС і відносини сигнал/шум.

В разі необхідності виявлення ЛА під час його маневру груповий сигнал, який складений із частот міжмодових биттів, довертається сумарної ДС у задану точку простору, де невеликий кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається БКД (Фіг.1, 2). Випромінювання, яке знаходиться біля рівня втрат синхронізованого одномодового багаточастотного спектру лазера-передавача та є невелике за потужністю - не використовується.

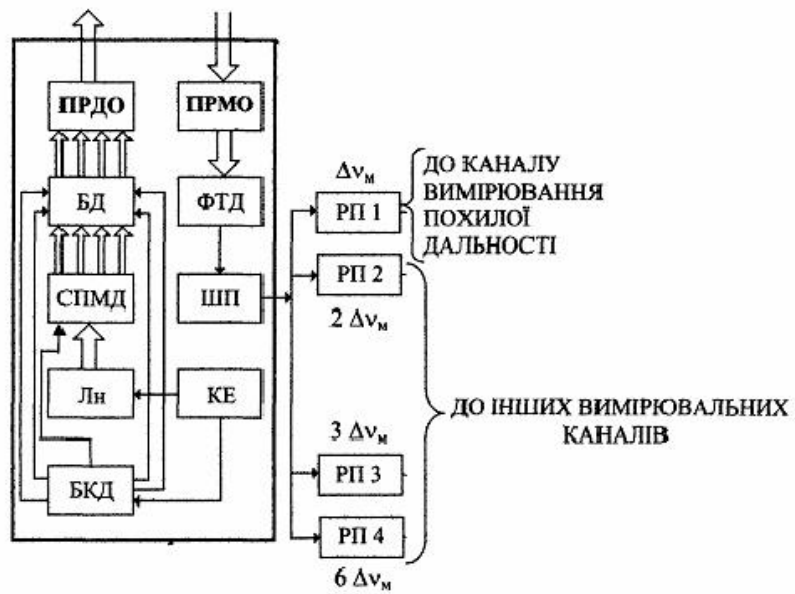
Джерела інформації:

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.

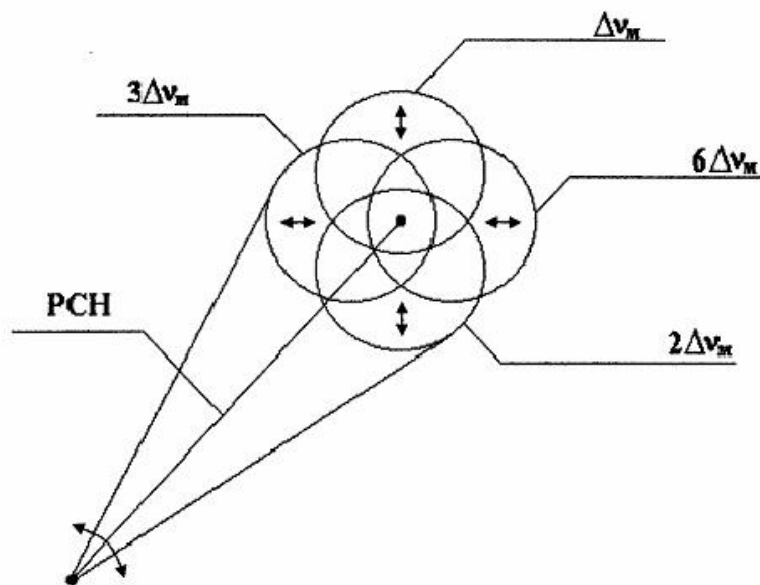
2. Деклараційний патент на винахід 64961 А, Україна, 7МПК G01S17/42. Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів на основі модернізованого частотно-часового методу вимірювання. / Г.В. Альошин, О.В. Коломійцев, Д.П. Пашков. - №2003032665; Заяв. 27.03.2003; Опубл. 15.03.2004; Бюл. №3.- 8с.

3. Деклараційний патент на корисну модель, №14480, Україна, H04Q1/30. Селектор подовжніх мод з дефлектором. / О.В. Коломійцев, С.П. Коваленко, І.Л. Костенко та ін. - №u200511218; Заяв. 28.11.2005; опубл. 15.05.2006; Бюл. №5 - 6с.

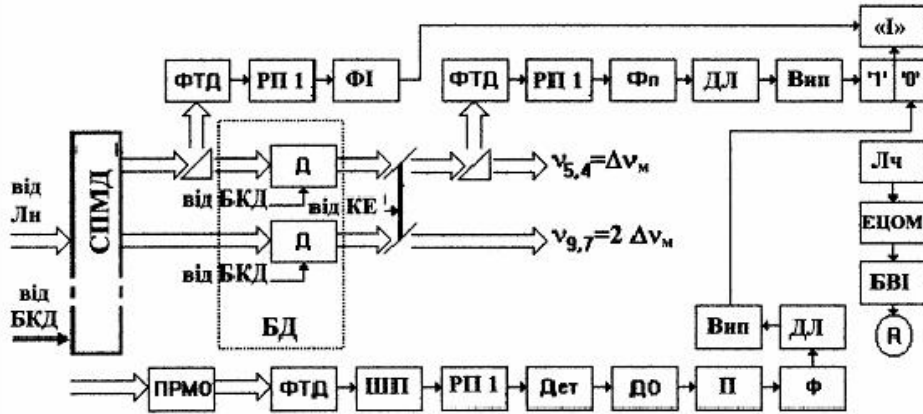
4. Деклараційний патент України на винахід №65099А, Україна, G01S17/42, G01S17/66. Модернізований частотно-часовий метод вимірювання параметрів руху літальних апаратів. /О.В. Коломійцев - №2003054908; Заяв. 15.03.2004; Опубл. 15.03.2004; Бюл. №3 - 4с.



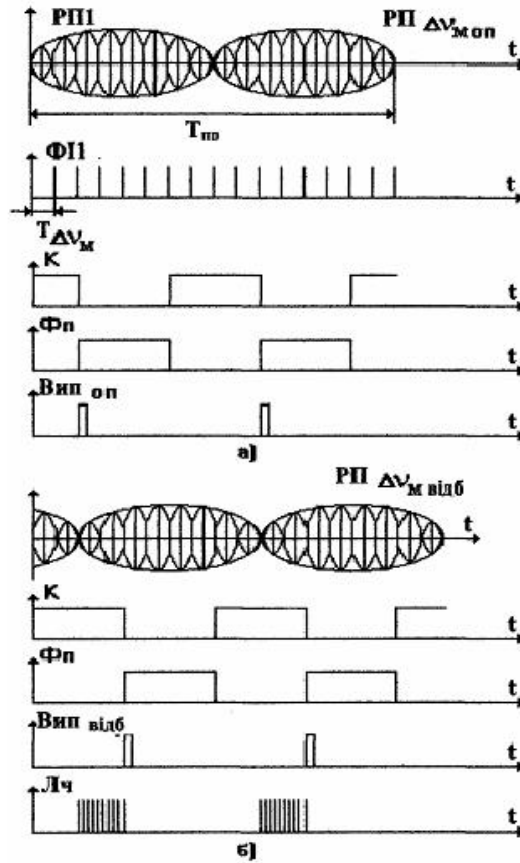
Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4