



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45543 (13) U
(51) МПК
G01S 17/42 (2009.01)
G01S 17/66 (2009.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КАНАЛ АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ ДЛЯ ЛВС

1

2

(21) u200906722

(22) 26.06.2009

(24) 10.11.2009

(46) 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, БЕЛІМОВ ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, КАДУБЕНКО СТАНІСЛАВ ВАЛЕНТИНОВИЧ, КАТУНІН АЛЬБЕРТ МИКОЛАЙОВИЧ, КЛІВЕЦЬ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ, РИСОВАННИЙ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, СІДЧЕНКО СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ХУДАРКОВСЬКИЙ КОСТЯНТИН ІГОРОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для ЛВС, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами,

лазер з накачкою (Лн), блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарата для уточнення похибки збігу по кутах, 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 передавальної 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'єднанні лазер з блоком лазерної накачки (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фото-детектор (ФТД), резонансні підсилювачі (РП), схеми порівняння, пристрій сигналу похибки, виконавчі механізми (ВМ).

Недоліками відомої системи є те, що вона не використовує інформацію про кутову швидкість ЛА для підвищення стійкості (астатизму) каналу АСН та не використовує низькочастотну фільтрацію сигналів, що приймаються каналом АСН.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком на підставі модернізованого частотно-часового методу вимірювання» [2], який містить

керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, блок дефлекторів (БД), передавальну оптику, приймаючу оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових біттів, детектори (Дет), фільтри (Ф), формувачі імпульсів (ФІ), тригери („1"|"0"), схеми „і" («і»), лінії затримки (ЛЗ), лічильники (Лч), цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), фільтри нижніх частот (ФНЧ), підсилювачі (фільтри) сигналу похибки (ПСП), виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарата для уточнення похибки збігу по кутах.

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 автоматичного супроводження

(13) U

(11) 45543

(19) UA

літальних апаратів для ЛВС, який дозволить здійснювати точне і стійке кутове автосупроводження ЛА при одночасному вимірюванні кутів азимута α і міста β у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, та в разі маневру ЛА - довертання сумарною ДС у невеликому куті в точку маневру.

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, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймаючу оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери („1”|„0”), схеми „1”, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах, замість СПМ введено СПМ з дефлектором (СПМД) [3].

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів для ЛВС пов'язана з використанням МЧЧМВ [4] та синхронізованого одномодового багаточастотного випромінювання єдиного лазера-передавача.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у стійкому кутовому автосупроводженні ЛА при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута і міста 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 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу АСН, де: а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m ($3\Delta v_m$) лазера-передавача; б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей α' і β') ЛА для уточнення похибки збігу по кутам каналів.

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

На Фіг.3 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу АСН.

На Фіг.4 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу АСН, які визначають полярність, де: а) - для визначення знаку «+»; б) - для визначення знаку «-».

На Фіг.5 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно ЛВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для ЛВС містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з дефлектором, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймаючу оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти між-

модових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери („1”|„0”), схеми „1”, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для ЛВС полягає в наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання $YAG:Nd^{3+}$ - лазера (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

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

Сигнал частот міжмодових биттів Δv_m , $2\Delta v_m$, $3\Delta v_m$ та $6\Delta v_m$ надходить на блок дефлекторів, 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 керуючого елемента. Проходячи через передавальну 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 скануемі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС у кожній із двох ортогональних площин α і β або X і Y (Фіг.2). Прийняті приймальною оптикою від ЛА відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС за допомогою фотодетектора перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різницевої частотах міжмодових биттів. Підсилені ширококутовим підсилювачем, вони розподіляються по резонансних підсилювачах, які настроєні на відповідні частоти: Δv_m , $2\Delta v_m$, $3\Delta v_m$, $6\Delta v_m$. При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП Δv_m і РП $2\Delta v_m$ - формують сигнал похибки по куту α , РП $3\Delta v_m$ і РП $6\Delta v_m$ - по куту β .

Формування сигналу похибки по куту α , полягає в наступному.

Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_m , перетвореного Ф11 у «пачки» опорних імпульсів на частоті $\Delta v_{m\text{оп}}$, надходить на схему «І». Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП Δv_m частоти міжмодових биттів Δv_m (Фіг.3, 4), детектується, у виді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазера і, після проходження Ф, перетворюється у Ф12 у крапках переходів період сканування в імпульси (один імпульс за період сканування), надходить на тригер «І», перекидаючи його. У цей же час, виділений і посилений РП $2\Delta v_m$ імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_m$ детектується, виділяючи огинаючу сиг-

налу, що змінюється по такому ж закону і, проходячи Φ , перетворюються у $\Phi I2$ у крапках переходів періодів коливань в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер «0», устанавлюючи його у вихідний стан.

Задача виміру часового інтервалу в схемі «I» із заданою точністю, полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми «I». У зв'язку з тим, що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається за часом, характерними значеннями сигналу, що визначають начало і кінець відліку часового інтервалу є граничне значення U_n (порогове значення напруги) (Фіг.4).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю тригером схеми «I», регулюється проходження імпульсів у схемі «I» від $\Phi I1$, тобто відбувається виділення «пачок» імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (Фіг.4, 5). Підраховані лічильником імпульси, перетворюються цифро-аналоговим перетворювачем в аналоговий сигнал похибки з необхідним знаком, що змішується у ФНЧ з імпульсним сигналом від каналу кутових швидкостей ЛА (б) для уточнення похибки збігу по кутам. Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації. Відфільтрований у ФНЧ і посилений підсилювачем сигналу похибки, отриманий сигнал відпрацьовується за допомогою виконавчого механізму (α), надходить від ПСП $_{\alpha}$ на вхід ЕЦОМ та виділяється в ній у виді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α . Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему «I» першим надходить імпульс з $\Phi I2$ міжмодової частоти Δv_m , а на тригер надходить другим імпульс з $\Phi I2$ міжмодової частоти $2\Delta v_m$ (Фіг.1, 4, 5). На схему «I» від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунка імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_m . Оскільки тривалість строба залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, необхідно мати схему визначення полярності сигналу похибки («+» або «-»). Якщо ЛА буде розташований нижче РСН, то першим надійде імпульс від $\Phi I2$ з каналу $2\Delta v_m$, а другим - з каналу Δv_m .

Визначення знаку («+» або «-»), або сторони відхилення ЛА від РСН (Фіг.1; 4 а, б) полягає в наступному. Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 (Фіг.1, 4 а) від каналу Δv_m випереджає імпульс 2 каналу $2\Delta v_m$. Оскільки строб від тригера затримується на час, що перевищує тривалість

імпульсу 1 (або 2), то схема збігів «I» не спрацює, тому що імпульс 1 не збіжиться в часі з даним стробом. Знак сигналу похибки по куту α залишається позитивним. Якщо ЛА знаходиться нижче РСН (Фіг.3 б), то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом. Схема «I» спрацьовує і змінює знак (або полярність) напруги сигналу похибки по куту α . Імпульс зі схеми «I» подається на знаковий розряд лічильника імпульсів з частотою Δv_m . Число імпульсів у лічильнику пропорційно куту відхилення α від РСН.

Форматування сигналу похибки по куту β , відбувається таким же чином, як для сигналу похибки по куту α . $ВМ\alpha$ і $ВМ\beta$ розвертають приймально-передавальну платформу таким чином, щоб ЛА знаходився на РСН каналу АСН, тобто на РСН сумарної ДС (Фіг.2, 5). Відображення вимірювальної інформації про кути азимута α і міста β ЛА відбувається в ЕЦОМ.

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 невеликим 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 59115А, Україна, 7МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком на підставі модернізованого частотно-часового методу вимірювання. /Г.В. Альошин, О.В. Коломійцев, Д.П. Пашков. - №2003010713; Заяв.27.01.2003; Опубл.15.08.2003; Бюл. №8. - 5с.

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. - № и200511218; 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.

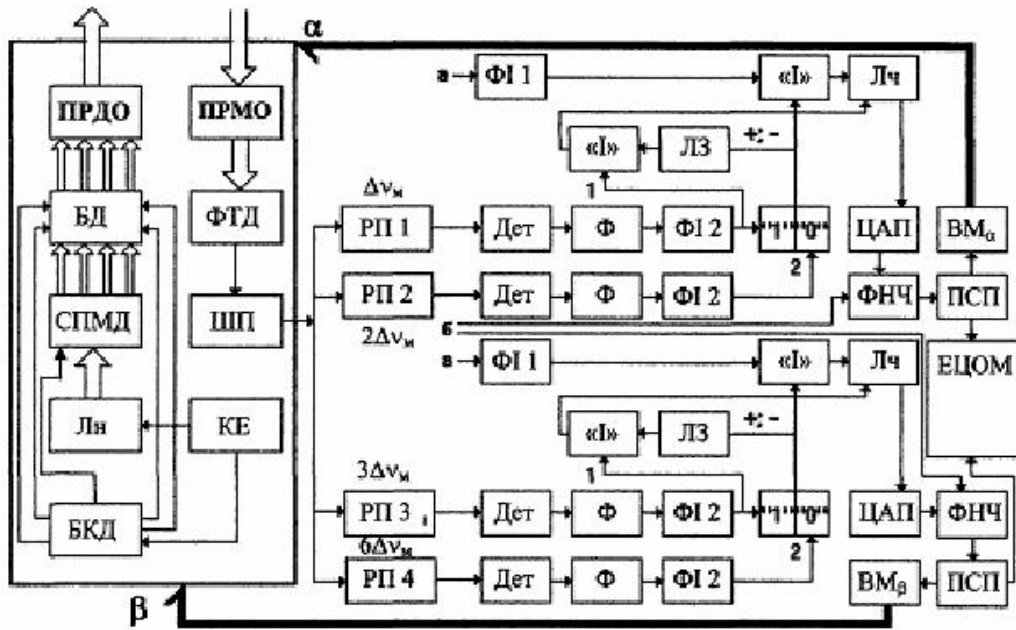


Fig. 1

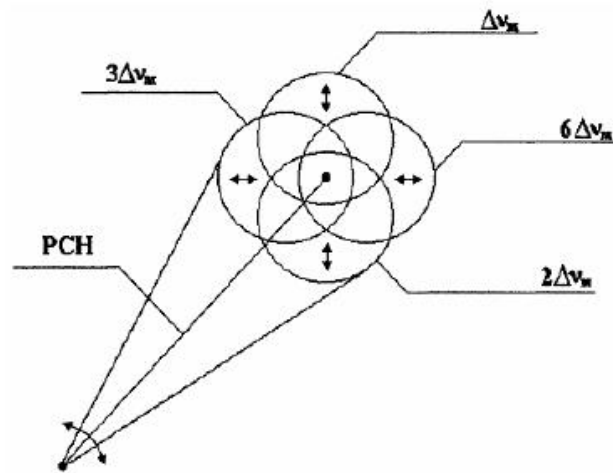
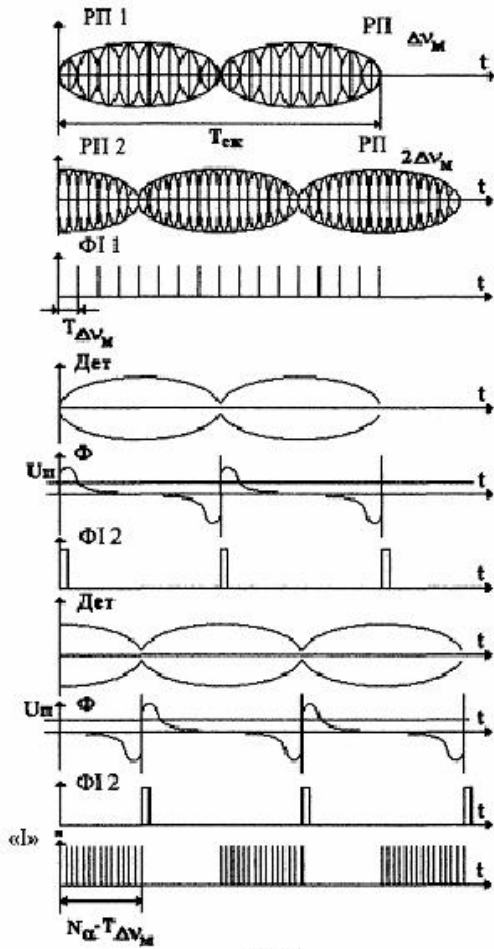
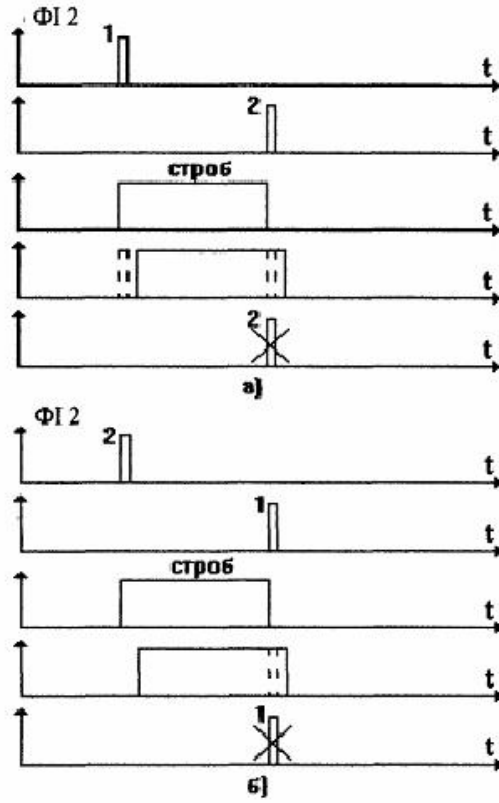


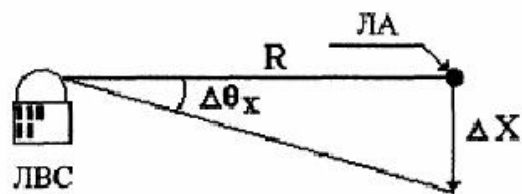
Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5