



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115006** (13) **U**
(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

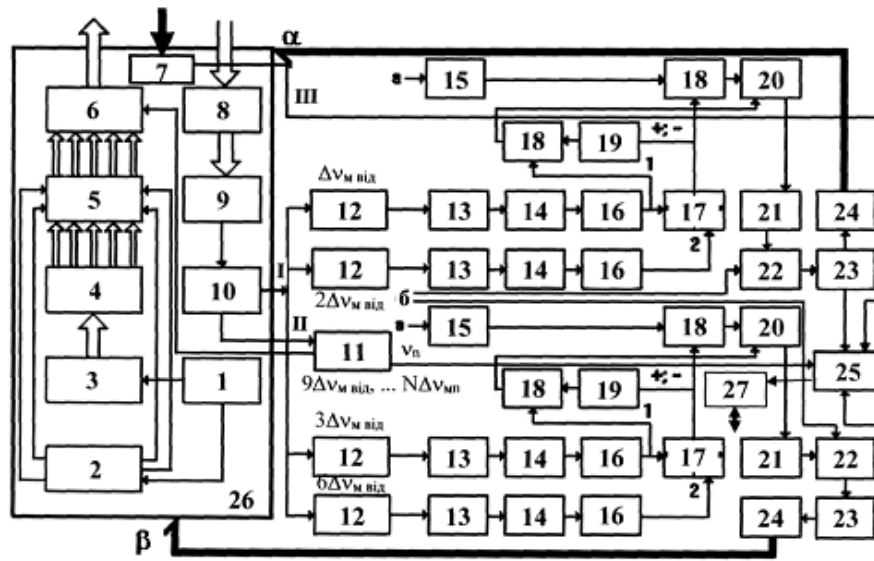
(21) Номер заявки: u 2016 11268	(72) Винахідник(и): Коломійцев Олексій Володимирович (UA), Сачук Ігор Іванович (UA), Альошин Геннадій Васильович (UA), Батурін Олег Володимирович (UA), Воїнов Валерій Вікторович (UA), Гогонянц Спартак Юрійович (UA), Недашковський Андрій Анатолійович (UA), Тимочко Олександр Іванович (UA), Токарь Олександр Анатолійович (UA), Толстолузька Олена Геннадіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 07.11.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.03.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.03.2017, Бюл.№ 6	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)

(54) КАНАЛ АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ СУМІЩЕНОЇ ЛАЗЕРНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"/"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) літального апарату. Додатково введено апаратуру обміну даними.

UA 115006 U



Фиг. 1

Запропонована корисна модель належить до галузі електрозв'язку і може бути використана для побудови передавальної частки мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи (МСЛВС).

Відомий "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для комбінованої лазерної системи" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМ БРК), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ГТРДО), оптико-електронний модуль (ОЕМ), який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, 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), виконавчі механізми (ВМ), електронну обчислювальну машину (ЕОМ) та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) літального апарату (ЛА).

Недоліком відомого каналу є те, що він не забезпечує дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщується суміщена приймально-передавальна апаратура та виконавчі механізми по кутах азимута α і місця β .

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип є "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної вимірювальної системи" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, гіростабілізовану платформу (ГСП) та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) ЛА.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не здійснює обмін інформацією за радіоканалом з центральним командним пунктом (ЦКП).

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який дозволить здійснювати багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на частотах міжмодових биттів $9\Delta v_m \dots N\Delta v_{mн}$, точне і стійке кутове автосупроводження при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута α і місця β , об'єктивний контроль у денний і нічний час, дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщуються суміщена приймально-передавальна апаратура і ВМ по кутах азимута α і місця β та обмін інформацією з споживачами ЦКП.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) ЛА, додатково введено апаратуру обміну даними (АОД).

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу (ЧЧМ) вимірювання [3], ОЕМ та АОД.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у стійкому кутовому автосупроводженні ЛА при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута і міста, багатоканальної передачі команд керування на ЛА на частотах міжмодових биттів, здійсненні об'єктивного контролю у денних і нічних умовах, забезпеченні просторової стабілізації платформи та обміну інформацією з споживачами.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m ($3\Delta v_m$) від лазера-передавача; б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей α' і β') ЛА; І - вимірювальний сигнал; ІІ - інформаційний сигнал; ІІІ - комбінований сигнал у видимому і інфрачервоному діапазонах.

На фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування 4-ма діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання у ортогональних площинах.

На фіг. 3 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу.

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

На фіг. 5 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно МСЛВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для комбінованої лазерної системи містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів 4, блок дефлекторів 5, передавальну оптику 6, оптико-електронний модуль 7, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику 8, фотодетектор 9, широкосмуговий підсилювач 10, інформаційний блок 11, резонансні підсилювачі 12, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори 13, фільтри 14, формувачі імпульсів (ФІ 1-15, ФІ 2-16), тригери ("1"|"0") 17, схеми "І" 18, лінії затримки 19, лічильники 20, цифро-аналогові перетворювачі 21, фільтри нижніх частот 22, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки 23, виконавчі механізми 24, електронну обчислювальну машину 25, гіростабілізовану платформу 26, апаратуру обміну даними 27 та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) ЛА.

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи полягає у наступному.

Зі спектра випромінювання одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод лазера-передавача (Лн) за допомогою СПМ БРК виділяються необхідні пари частот для створення:

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

- РСН на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки 4-х парціальних діаграм спрямованості, що частково перетинаються, за умови використання комбінацій подовжніх мод ("підфарбованих" різницевиими частотами міжмодових биттів)

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

Груповий лазерний сигнал, який складений з частот міжмодових биттів $N\Delta v_m$, минаючи БД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від ІБ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається на ЛА (фіг. 1, 2).

Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) частот міжмодових биттів $\Delta v_m, 2\Delta v_m, 3\Delta v_m$ і $6\Delta v_m$ надходить на БД, що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують БД у кожній з двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лн живляться від керуючого елемента.

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 скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній з двох ортогональних площин α і β (X і Y). При цьому інформаційний лазерний сигнал частот $9\Delta v_m \dots N\Delta v_m$ проходить вдовж РСН (фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА інформаційні та, відбиті у процесі сканування чотирьох ДС, лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС лазерного випромінювання за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на несучій частоті і різницеви частотах міжмодових биттів. Підсилені широкосмуговим підсилювачем вони розподіляються:

- у ІБ для обробки інформації, що приймається від ЛА;
- по РП, 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 $РП\Delta v_m$ і $РП2\Delta v_m$ формують сигнал похибки по куту α , а $РП3\Delta v_m$ і $РП6\Delta v_m$ - по куту β .

Формування сигналу похибки по куту α полягає у наступному.

Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_m , перетвореного $\Phi 1$ у "пачки" опорних імпульсів на частоті Δv_m оп, надходить на схему "І". Виділений і посилений імпульсний сигнал з $РП\Delta v_m$ від частоти міжмодових биттів Δv_m від (фіг. 3, 4) детектується Дет у вигляді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазерного випромінювання і, після проходження Φ , перетворюється у $\Phi 2$ у точках переходів періодів сканування в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер "1", перекидуючи його. У цей же час, виділений і посилений $РП2\Delta v_m$ від імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_m$ від детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється за таким же законом і, проходячи Φ , перетворюється у $\Phi 2$ у точках переходів періодів коливань в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер "0", встановлюючи його у вихідний стан.

Задача вимірювання часового інтервалу у схемі "І" із заданою точністю полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми "І". У зв'язку з тим, що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається за часом, характерними значеннями сигналу, що визначають початок і кінець відліку часового інтервалу, є граничне значення U_n (порогове значення напруги) (фіг. 3).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю тригером схеми "І", регулюється проходження імпульсів у схемі "І" від $\Phi 1$, тобто відбувається виділення "пачок" імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (фіг. 4, 5). Підраховані лічильником імпульси перетворюються ЦАП 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 кутах.

Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації. Отриманий сигнал, відфільтрований у ФНЧ і підсилений підсилювачем сигналу похибки, відпрацьовується за допомогою виконавчого механізму (а), надходить від ПСП $_{\alpha}$ на вхід ЕОМ та виділяється в ній у вигляді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α .

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему "І" першим надходить імпульс з $\Phi 2$ міжмодової частоти Δv_m від, а на тригер надходить другим імпульс з $\Phi 2$ міжмодової частоти $2\Delta v_m$ від (фіг. 1, 3-5). На схему "І" від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунку імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_m . Оскільки тривалість строба залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, маємо схему визначення полярності сигналу похибки ("+" або "-").

Якщо ЛА буде розташований нижче РСН, то першим надійде імпульс від $\Phi 2$ з каналу $2\Delta v_m$ від, а другим - з каналу Δv_m від.

Визначення знаку "+" або "-", або сторони відхилення ЛА від РСН полягає у наступному (фіг. 1; 4 а, б).

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то перший імпульс від каналу Δv_m від випереджає другий імпульс каналу $2\Delta v_m$ від (фіг. 1, 4 а). Оскільки строб від Тр затримується на час, що перевищує тривалість першого імпульсу (другого), то схема збігів "І" не спрацьовує, тому що перший імпульс не збігається в часі з даним стробом. Знак сигналу похибки по куту α залишається позитивним ("+").

Якщо ЛА знаходиться нижче РСН, то перший імпульс відстає від другого імпульсу, тому він збігається в часі зі стробом (фіг. 4 б). Схема "І" спрацьовує і змінює знак ("-" або полярність) напруги сигналу похибки по куту α . Імпульс зі схеми "І" подається на знаковий розряд Лч імпульсів з частотою Δv_m . Число імпульсів у Лч пропорційно куту відхилення α від РСН.

Форматування сигналу похибки по куту β відбувається таким же чином, як для сигналу похибки по куту α .

Виконавчі механізми $ВМ_{\alpha}$ і $ВМ_{\beta}$ розвертають приймально-передавальну платформу таким чином, щоб ЛА знаходився на РСН запропонованого каналу, тобто на РСН сумарної ДС лазерного випромінювання.

Кількість інформаційних каналів (N) залежить від кількості мод (v_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Оптико-електронний модуль постійно здійснює у денних і нічних умовах у видимому та інфрачервоному діапазонах спостереження за ЛА, який супроводжується. Відображення

інформації, що приймається (передається) від ЛА, об'єктивний контроль та обробка (вимірювання) кутів азимута α і міста β відбувається в ЕОМ.

Для збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА, в пам'яті ЕОМ використовується база даних - сукупність взаємопов'язаних даних, організованих у відповідності до схеми даних таким чином, щоб з ними міг працювати користувач.

Підвищення швидкості обробки інформації, яка надходить на ЕОМ, здійснюється за рахунок використання технології синтезу часу параметризованих паралельних програм.

Гіростабілізована платформа забезпечує дотримання просторової стабілізації платформи каналу, на якій розміщена суміщена приймально-передавальна апаратура та ВМ по кутах азимута α і міста β .

Видача інформації, яка отримана під час проведення випробувань ЛА, споживачам (на ЦКП) та отримання додаткової інформації від керівництва здійснюється за допомогою апаратури обміну даними за радіоканалом.

Формування сумарної ДС лазерного випромінювання, створення РСН та каналу, що пропонується, пов'язано із задоволенням жорстких вимог, що пред'являються до спектра випромінювання одномодового багаточастотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів.

Джерела інформації:

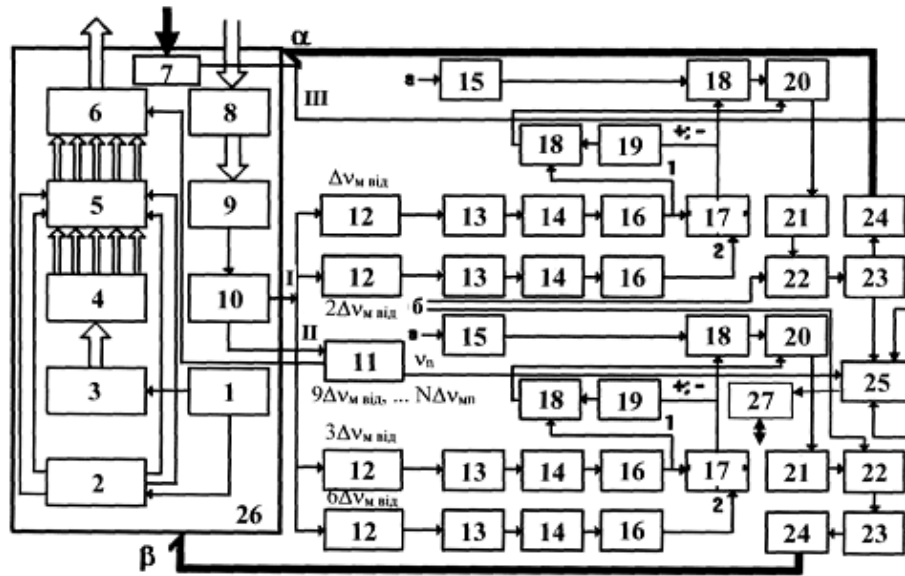
1. Патент на корисну модель UA 95920, Україна, G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для комбінованої лазерної системи. / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Є.І. Жилін та ін. - № u201408414; заяв. 24.07.2014; опубл. 12.01.2015; Бюл. № 1. - 6 с.

2. Патент на корисну модель UA 104639, Україна, G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної вимірювальної системи. / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Д.А. Гриб та ін. № u201507753; заяв. 03.08.2015; опубл. 10.02.2016; Бюл. № 3. - 7 с.

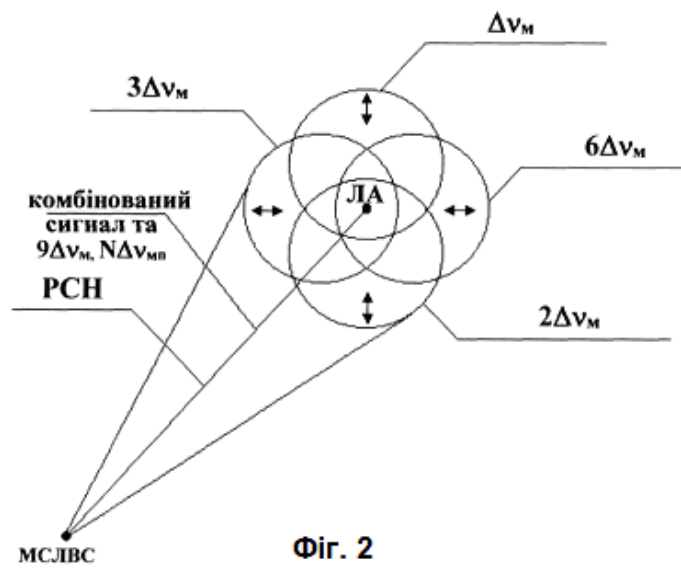
3. Патент на корисну модель UA 55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

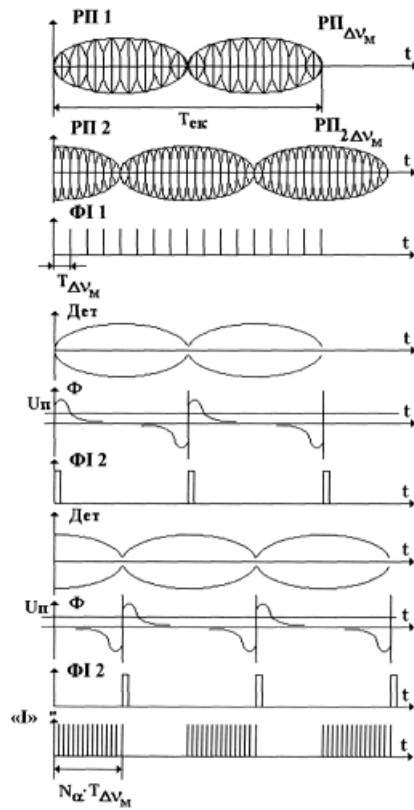
Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"/"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної швидкості (кутових швидкостей) літального апарату, який **відрізняється** тим, що додатково введено апаратуру обміну даними.



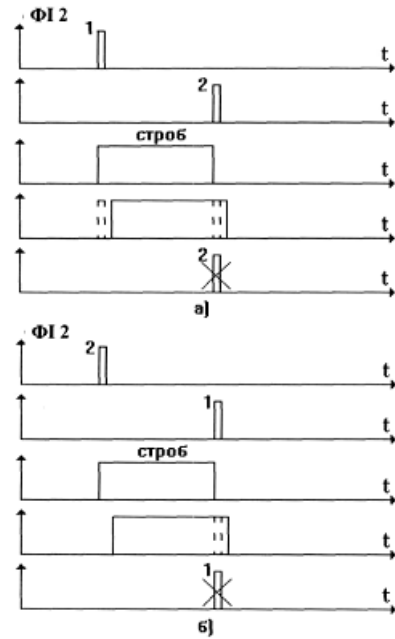
Фиг. 1



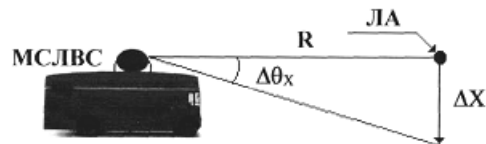
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5