



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114673

(13) U

(51) МПК

G01S 11/04 (2006.01)

G01S 17/42 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 10530**

(22) Дата подання заявки: **17.10.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.03.2017**

(46) Публікація відомостей **10.03.2017, Бюл.№ 5**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

Коломійцев Олексій Володимирович
(UA),

Сачук Ігор Іванович (UA),

Зверев Олексій Олексійович (UA),

Коваль Володимир Валерійович (UA),

Комишан Анатолій Іванович (UA),

Нарєжний Олексій Павлович (UA),

Петренко Олексій Сергійович (UA),

Скопінцев Олег Олександрович (UA),

Троцько Максим Леонідович (UA),

Ярош Сергій Петрович (UA)

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ

УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ

ІВАНА КОЖЕДУБА,

вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)

**(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З МОЖЛИВІСТЮ
ФОРМУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ЛА ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ СУМІЩЕНОЇ ЛАЗЕРНОЇ
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ**

(57) Реферат:

Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери, реверсивні лічильники, схеми "", схеми порівняння, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення, гіростабілізовану платформу та $\Delta v_{m \text{ оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{m \text{ оп.}}$, $2\Delta v_{m \text{ оп.}}$, $3\Delta v_{m \text{ оп.}}$, $6\Delta v_{m \text{ оп.}}$) від передавального лазера. Додатково введено апаратуру обміну даними.

UA 114673 U

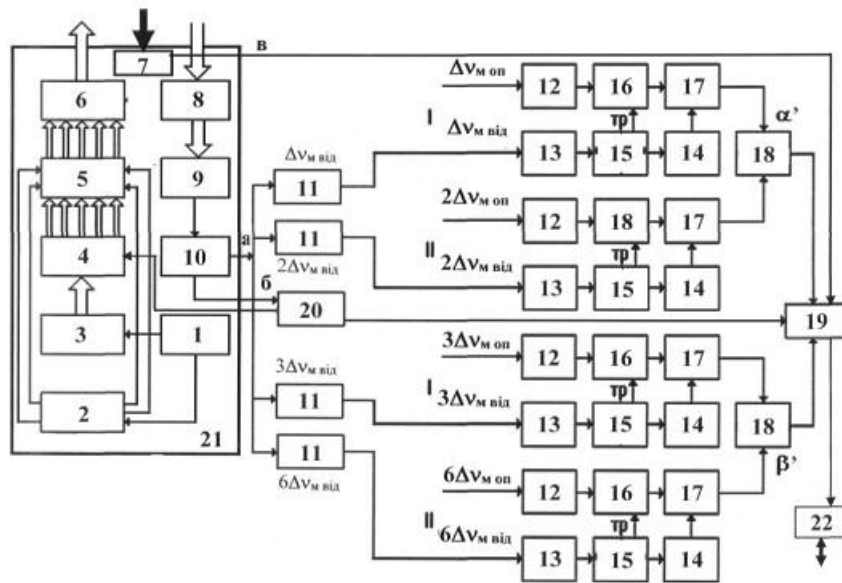


Fig. 1

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

Відомий "Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для комбінованої лазерної системи" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (ЛН), модифікований селектор подовжніх мод (МСПМ), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), оптико-електронний модуль (ОЕМ), який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (ФІ), тригери („1", „0"), схеми „і" ("І"), резонансні лічильники (РЛЧ), схеми порівняння (СП), електронну обчислювальну машину (ЕОМ), блок формування зображення (БФЗ), та $\Delta v_{\text{м оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп.}}$, $2\Delta v_{\text{м оп.}}$, $3\Delta v_{\text{м оп.}}$, $6\Delta v_{\text{м оп.}}$) від передавального лазера.

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

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип є "Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної вимірювальної системи" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери, реверсивні лічильники, схеми „і", схеми порівняння, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення, гіростабілізовану платформу (ГСП) та $\Delta v_{\text{м оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп.}}$, $2\Delta v_{\text{м оп.}}$, $3\Delta v_{\text{м оп.}}$, $6\Delta v_{\text{м оп.}}$) від передавального лазера.

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 вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання кутових швидкостей літального апарата (ЛА), об'єктивний контроль у нічний і нічний час, обмін інформацією з споживачами ЦКП, дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщуються суміщена приймально-передавальна апаратура і ВМ по кутах азимута α і місця β та, в разі необхідності, формувати і обробляти зображення ЛА.

Поставлена задача вирішується тим, що містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери, реверсивні лічильники, схеми „і", схеми порівняння, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення, гіростабілізовану платформу та $\Delta v_{\text{м оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп.}}$, $2\Delta v_{\text{м оп.}}$, $3\Delta v_{\text{м оп.}}$, $6\Delta v_{\text{м оп.}}$) від передавального лазера, згідно з корисною моделлю, додатково введено апаратуру обміну даними (АОД).

Побудова каналу вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи пов'язана з використанням одномодового багаточастотного із синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу (ЧЧМ) [3], ОЕМ та АОД.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у високоточному вимірюванні кутових швидкостей ЛА, здійсненні об'єктивного контролю у денних і нічних умовах, обміну інформацією зі споживачами, забезпеченні просторової стабілізації платформи та, в разі необхідності, формуванні і обробці зображення ЛА.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: $\Delta v_{\text{м оп.}}$, $2\Delta v_{\text{м оп.}}$, $3\Delta v_{\text{м оп.}}$, $6\Delta v_{\text{м оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів від лазера-передавача; а - для визначення вимірювальної інформації; б - для визначення зображення ЛА; в - для об'єктивного контролю.

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

На фіг. 3 приведено створення лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу.

Запропонований канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, модифікований селектор подовжніх мод 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, резонансні підсилювачі 11, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (ФІ 1-12, ФІ 2-13, ФІ 3-14), тригери 15, реверсивні лічильники 16, схеми „і” 17, схеми порівняння 18, електронну обчислювальну машину 19, блок формування зображення 20, гіростабілізовану платформу 21, апаратуру обміну даними 22 та $\Delta v_{\text{м оп.}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{\text{м оп.}}$, $2\Delta v_{\text{м оп.}}$, $3\Delta v_{\text{м оп.}}$, $6\Delta v_{\text{м оп.}}$) від передавального лазера.

Робота запропонованого каналу вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи полягає у наступному.

З синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-передавача (Лп) за допомогою МСПМ виділяються необхідні пари частот і окремі частоти для створення:

- рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних ДС, за умови використання комбінацій подовжніх мод ("підфарбованих" різницевиими частотами міжмодових биттів)

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

- лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з подовжньої моди v_n (в подальшому v_{n1} , v_{n2}).

За допомогою МСПМ та блока формування зображення створюється лазерний сигнал з просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення лазерного випромінювання (несучої частоти) на два промені з поворотом площини поляризації на кут 90° в одному з них (фіг. 3).

При цьому випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній площині UOV рознесені на відстані ρ . Різниця ходу пучків до картинної площини ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цім різниця фаз між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки. В залежності від різності фаз у картинній площині 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 ρ 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.

Сигнал частот міжмодових биттів $\Delta v_{\text{м}}$, $2\Delta v_{\text{м}}$, $3\Delta v_{\text{м}}$ та $6\Delta v_{\text{м}}$ надходить на блок дефлекторів, 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 Лп живляться від керуючого елемента.

Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот $v_5, v_4=\Delta v_{\text{м}}$, $v_9, v_7=2\Delta v_{\text{м}}$, $v_6, v_3=3\Delta v_{\text{м}}$ та $v_8, v_2=6\Delta v_{\text{м}}$ 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 лазерний сигнал з просторовою модуляцією поляризації (v_{n1} та v_{n2}) проходить вдовж РСН (фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА, відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС лазерного випромінювання, за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різницевиих частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП вони розподіляються:

- в БФЗ для обробки відбитого лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від поверхні ЛА;

- по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів $\Delta v_{\text{м від.}}$, $2\Delta v_{\text{м від.}}$, $3\Delta v_{\text{м від.}}$, $6\Delta v_{\text{м від.}}$.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП 1 і РП 2 (РП $\Delta v_{\text{м від.}}$ і РП $2\Delta v_{\text{м від.}}$) формують сигнал кутової швидкості α' , а РП 3 і РП 4 (РП $3\Delta v_{\text{м від.}}$ і РП $6\Delta v_{\text{м від.}}$) - по кутової швидкості β' .

При відбитті лазерного сигналу з 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, яка відображається у ЕОМ. Тому у БФЗ здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Формування сигналу прискорення α' полягає у наступному (фіг. 1).

Виділені імпульси ФІ 1 першої І лінії від опорної частоти $\Delta v_{\text{м оп}}$ надходять на реверсивний лічильник (РЛЧ 1) (фіг. 4). У цей же час відбитий від ЛА оптичний сигнал частоти міжмодових биттів, який перетворюється ФТД у радіочастоту міжмодових биттів $\Delta v_{\text{м від.}}$, змінюється по закону руху ДС лазерного випромінювання, перетворюється у другій лінії ІІ ФІ 2 у точках переходів півперіодів сканування в імпульси (один імпульс за півперіод сканування), надходить на тригер "І" та запускає його першим імпульсом.

Імпульс, який надходить першим від тригера відкриває РЛЧ для рахування імпульсів від ФІ 1 на схему "І" та для перезапису на схему порівняння. Другий імпульс від тригера надходить на реверсивний вхід того ж РЛЧ, який здійснює зворотний рахунок імпульсів, що надходять через нього. Надходячи на тригер, третій імпульс і наступні імпульси здійснюють дію таким же чином, як перший. Другий імпульс не надходить на схему "І", а третій імпульс надходить, як і перший на ФІ 3, схему "І", пропускає різницеве число на схему порівняння і т.д.

Таким чином, в РЛЧ записується число імпульсів, порівняно різниці подовженого та скороченого півперіоду сканування (руху ДС). Півперіод сканування подовжується тоді, коли швидкість руху ЛА співпадає зі швидкістю руху ДС лазерного випромінювання, а коли не співпадає - скорочується (фіг. 4).

Формування сигналу кутової швидкості β' відбувається таким же чином, як і для кутової швидкості α' (фіг. 1).

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) кутової швидкості 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 місця 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:

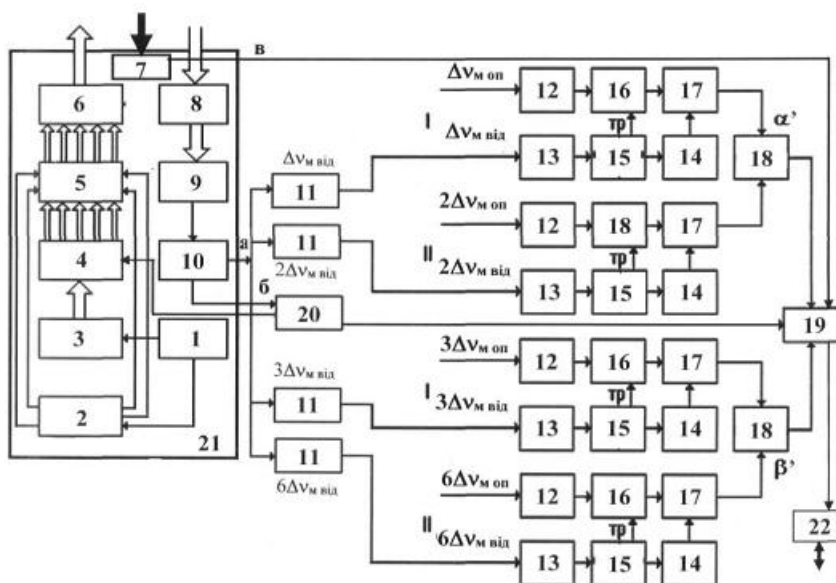
1. Патент на корисну модель № 95927, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для комбінованої лазерної системи. /О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201408421; заяв. 24.07.2014; опубл. 12.01.2015; Бюл. № 1. - 6 с.

2. Патент на корисну модель № 105090, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної вимірювальної системи. /О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201506404; заяв. 30.06.2015; опубл. 10.03.2016; Бюл. № 5. - 6 с.

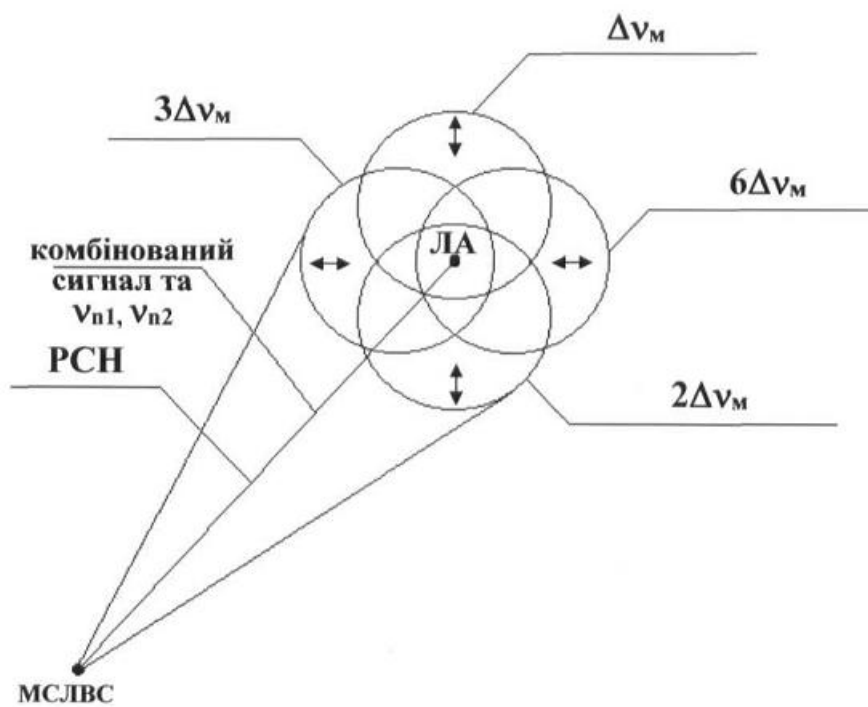
3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

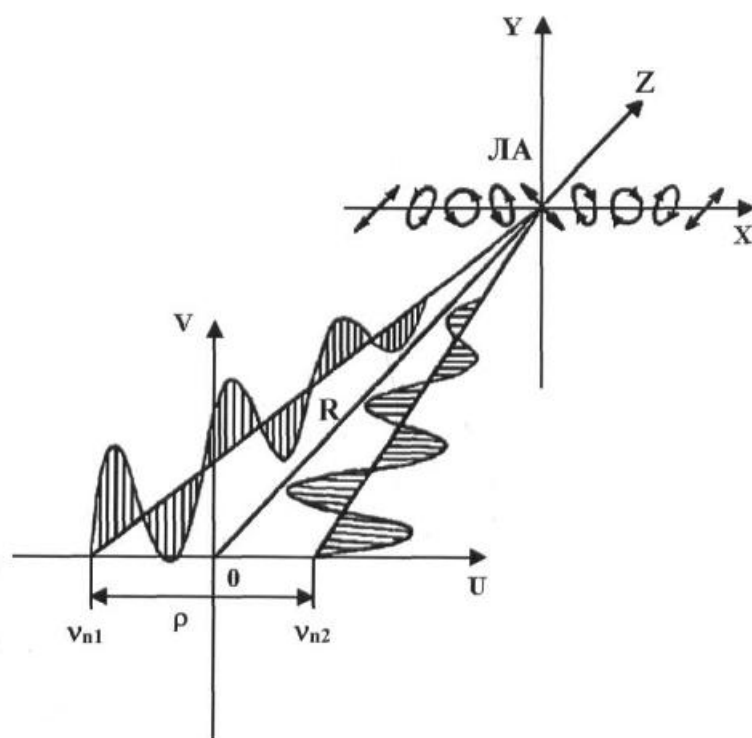
- 5 Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери, реверсивні лічильники, схеми "І", схеми порівняння, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення, гіростабілізовану платформу та $\Delta v_{м оп.}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta v_{м оп.}$, $2\Delta v_{м оп.}$, $3\Delta v_{м оп.}$, $6\Delta v_{м оп.}$) від передавального лазера, який відрізняється тим, що додатково введено апаратуру обміну даними.
- 10



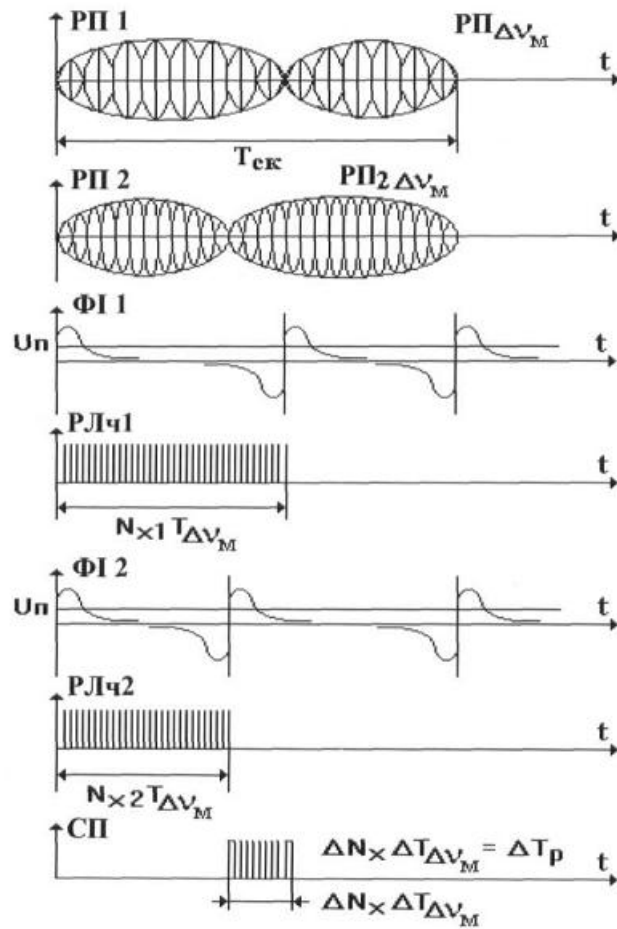
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4