



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114945

(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 10465**(22) Дата подання заявки: **17.10.2016**(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **27.03.2017**(46) Публікація відомостей **27.03.2017, Бюл.№ 6**
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),****Помогаєв Ігор Володимирович (UA),****Троцько Максим Леонідович (UA),****Шулежко Василь Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ****ІВАНА КОЖЕДУБА,**

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

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

(57) Реферат:

Канал вимірювання похилої дальності до 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, призми для частоти міжмодових биттів $\Delta\nu_m$, блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів $\Delta\nu_m$ і $2\Delta\nu_m$, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "і", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення та гіростабілізовану платформу, причому додатково введено апаратуру обміну даними.

UA 114945 U

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 похилої дальності до 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), призми для частоти міжмодових биттів Δv_M , блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику (ПРДО), оптико-електронний модуль (ОЕМ), який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів (ФІ), тригер ("1"|"0"), схему "і" ("І"), лічильник (ЛЧ), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Д), диференційовану оптику (ДО), підсилювач (П), фільтр (Ф), диференційований ланцюжок (ДЛ), випрямляч (Вип), електронну обчислювальну машину (ЕОМ) та блок формування зображення (БФЗ).

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 похилої дальності до 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, призми для частоти міжмодових биттів Δv_M , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "і", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення та гіростабілізовану платформу (ГСП).

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 похилої дальності до літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання похилої дальності до ЛА, об'єктивний контроль у денний 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 літального апарата (ЛА).

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, призми для частоти міжмодових биттів Δv_M , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "і", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення та гіростабілізовану платформу, додатково введено апаратуру обміну даними (АОД).

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до ЛА з можливістю формування та обробки зображення ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з 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 похилої дальності до ЛА, здійсненні об'єктивного контролю у денних і нічних умовах, обміну інформацією з споживачами, забезпеченні просторової стабілізації платформи та, в разі необхідності, формуванні і обробки зображення ЛА.

На фіг. 1 приведено передавальний бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: I - вимірювальний сигнал; II - сигнал з просторовою модуляцією поляризації, III - комбінований сигнал у видимому і інфрачервоному діапазонах.

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 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 5 приведені епюри напруг з виходів блоків вимірювання похилої дальності до ЛА, де: а) від блока опорного сигналу; б) від блока відбитого сигналу.

Запропонований канал вимірювання похилої дальності до 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, призми для частоти міжмодових биттів Δv_M , блок дефлекторів 5, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику 6, оптико-електронний модуль 7, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику 8, фотодетектори 9, широкосмуговий підсилювач 10, резонансні підсилювачі 11, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів 12, схему "І" 13, фільтр із заданою смугою пропускання 14, диференційований ланцюжок 15, випрямляч 16, тригер 17, детектор 18, диференційовану оптику 19, підсилювач 20, фільтр 21, лічильник 22, електронну обчислювальну машину 23, блок формування зображення 24, гіростабілізовану платформу 25 та апаратуру обміну даними 26.

Робота запропонованого каналу вимірювання похилої дальності до 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 (Лн) за допомогою МСПМ виділяються необхідні пари частот і окремі частоти для створення:

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

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

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 цим різниця фаз між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки.

В залежності від різниці 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 $\Delta v_M, 2\Delta v_M, 3\Delta v_M$ та $6\Delta v_M$ надходить на блок дефлекторів, що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС 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 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 огинаючі сигнали ДС лазерного випромінювання, за допомогою ФТД перетворюються в

електричні імпульсні сигнали на різницевих частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП вони розподіляються:

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

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

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП 1 (РП $\Delta v_{M \text{ від}}$) формують сигнал про похилу дальність до ЛА, а РП 2 (РП $2\Delta v_{M \text{ від}}$), РП 3 (РП $3\Delta v_{M \text{ від}}$) і РП 4 (РП $6\Delta v_{M \text{ від}}$) - формують сигнали для інших вимірювальних каналів МСВС (фіг. 1).

10 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.

15 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 тощо, яка відображається у ЕОМ. Тому у БФЗ здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Принцип роботи грубої шкали каналу вимірювання похилої дальності до ЛА полягає у наступному (фіг. 2, 3).

20 На передавальному боці.

Виділена селектором подовжніх мод зі спектра випромінювання лазера перша пара частот $\nu_{5,4}$, розщеплюється під дією розщеплювача (призми) на два оптичні сигнали:

1) основний - сканується БД під певним кутом (з часом $T_{\text{пр}}$, що задається від БКД), який проходить через перемикач (П) для виділення "бланкуючого" імпульсу (бланк - нуль) і розщеплювач, де відбувається виділення додаткового сигналу (2), та надходить на ПРДО і далі на ЛА;

2) додатковий (1) - перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал різницевої частоти міжмодового биття Δv_M та надходить на ФІ1, де відбувається виділення "пачок" імпульсів, прийнятих схемою "І".

30 Отриманий від ФТД, додатковий оптичний сигнал частоти $\nu_{5,4}$ з "бланкуючими" імпульсами, перетворений в сигнал Δv_M , здобуває чіткі границі "бланкуючого" імпульсу, проходячи оптику, що диференціює, підсилюється. Фільтр зі смугою пропускання $\Pi = 1/\tau_i$; (де τ_i - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу "бланкуючі" імпульси - в імпульсні сигнали, які, проходячи ланцюжок, що диференціює, і випрямляч - ($\Phi I = \text{ДЛ} + \text{Вип}$), виділяються у вигляді одного короткого імпульсу за початок "бланкуючого" імпульсу та надходять на тригер з індексом "1", включаючи його.

На приймальному боці.

40 Відбитий від ЛА основний сигнал частот $\nu_{5,4}$, у сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал Δv_M , підсилюється ШП, виділяється в РП, як сигнал міжмодової частоти Δv_M і, проходячи через Дет, перетворюється таким же чином, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти Δv_M та надходить тільки на тригер з індексом "0", "перекидаючи" його. Сигнал, що надходить з тригера на схему "І", здійснює періодичне "відкриття" і "закриття" проходу для "пачок" імпульсів з ФІ1, що підраховуються Лч та відпрацьовуються у вигляді числа R у ЕОМ. Таким чином відбувається вимір R до ЛА на грубій

45 шкалі. Перехід на точну шкалу (генерація пікосекундних імпульсів) здійснюється одразу після припинення включення перемикача (формування "бланкуючого" імпульсу). 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.

50 Так як канал вимірювання похилої дальності до ЛА пропонується ввести до складу структури МСВС, то вмикання та вимикання перемикача (П) відбувається одночасно для 2-х (пар) частот $\nu_{5,4}$ і $\nu_{9,7}$ (фіг. 3).

55 Апаратурні помилки виміру R до ЛА у запропонованому каналі - це помилки визначення початку і кінця відліку часового інтервалу, помилки за рахунок дискретності та 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 лазерного випромінювання і відносини сигнал/шум.

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 № 95926, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю формування та обробки зображення ЛА для комбінованої лазерної системи / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201408420; заяв. 24.07.2014; опубл. 12.01.2015; Бюл. № 1. - 6 с.

2. Патент на корисну модель № 103704, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до 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. - № u201506379; заяв. 30.06.2015; опубл. 25.12.2015; Бюл. № 24. - 8 с.

3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 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 вимірювання похилої дальності до 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, призми для частоти міжмодових биттів $\Delta\nu_M$, блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів $\Delta\nu_M$ і $2\Delta\nu_M$, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "І", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок формування зображення та гіростабілізовану платформу, який **відрізняється** тим, що додатково введено апаратуру обміну даними.

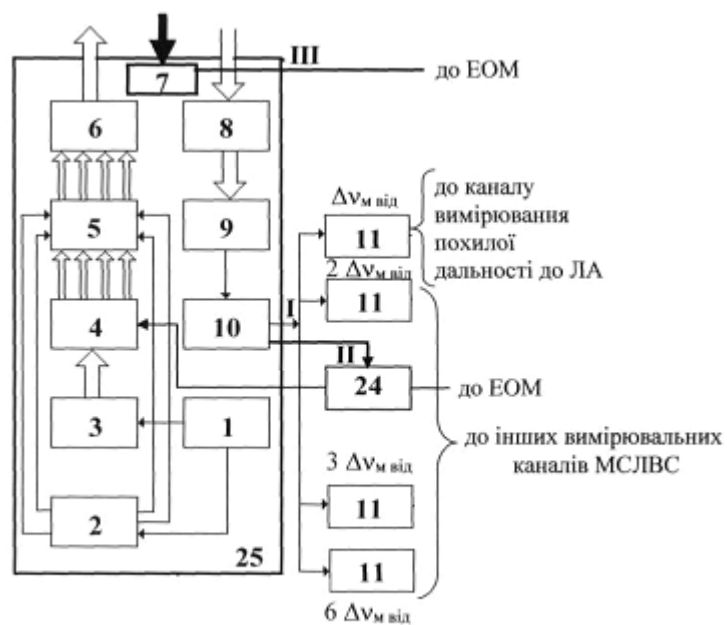


Fig. 1

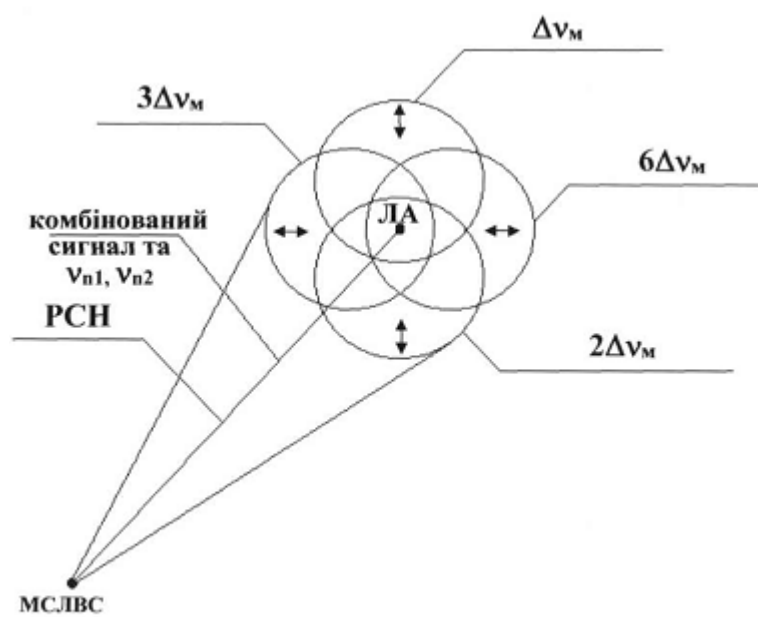
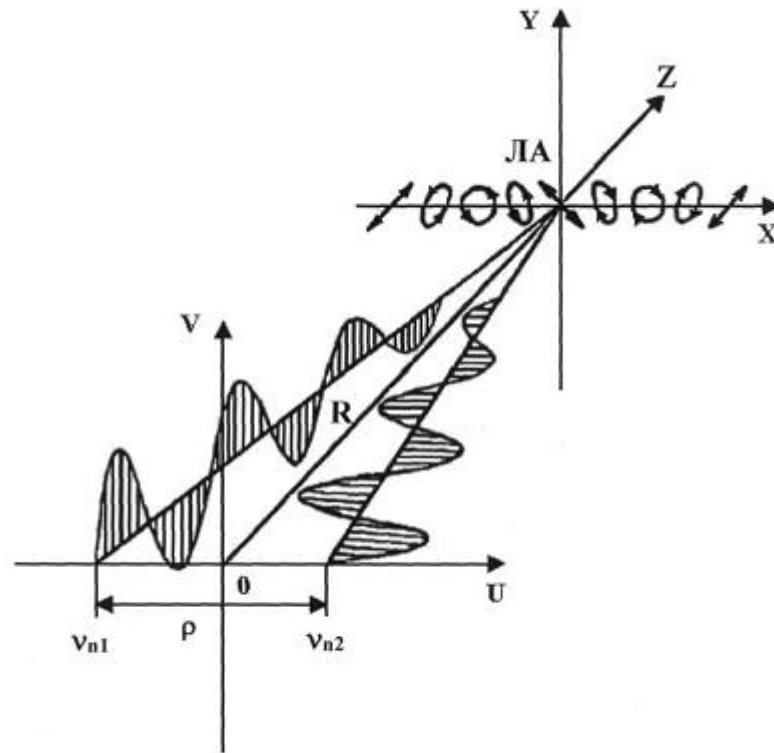
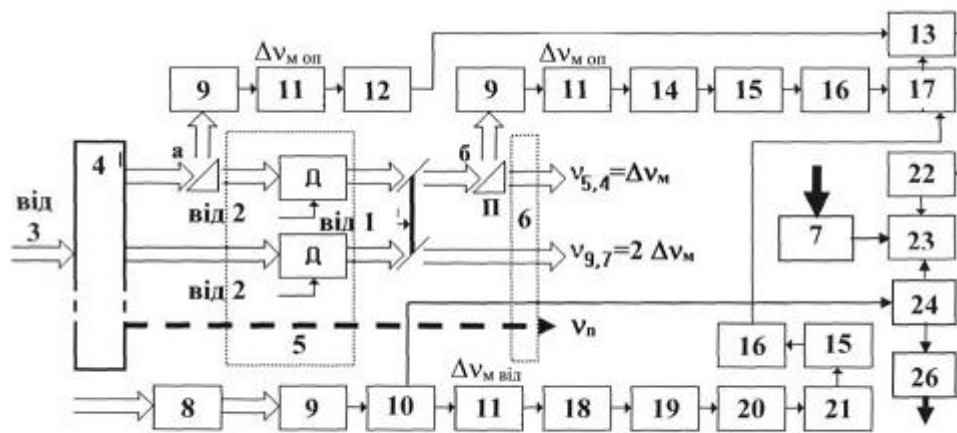


Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

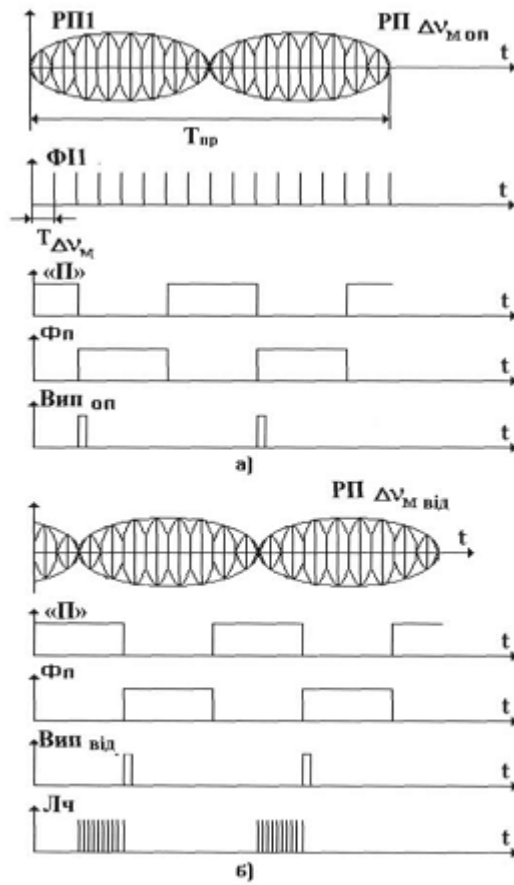


Fig. 5