



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **153369** (13) **U**
(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2023 00197**
(22) Дата подання заявки: **17.01.2023**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **22.06.2023**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **21.06.2023, Бюл.№ 25**

(72) Винахідник(и):
Коломійцев Олексій Володимирович (UA),
Васюта Костянтин Станіславович (UA),
Зверев Олексій Олексійович (UA),
Бідун Андрій Костянтинович (UA),
Слін Віталій Михайлович (UA),
Карпенко Олег Володимирович (UA),
Коломійцев Володимир Олексійович (UA),
Крючков Дмитро Миколайович (UA),
Кучеренко Юрій Федорович (UA),
Михайлець Дмитро Миколайович (UA),
Октябрьова Олена Володимирівна (UA),
Помогаєв Ігор Володимирович (UA),
Романюк Михайло Михайлович (UA),
Солнишкова Світлана Григорівна (UA),
Юрков Андрій Васильович (UA)

(73) Володілець (володільці):
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 ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ, МОЖЛИВІСТЮ ФОРМУВАННЯ І ОБРОБКИ ЇХ ЗОБРАЖЕННЯ ТА ГІРОСТАБІЛІЗАЦІЄЮ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ОДНОПУНКТНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для мобільної однопунктної інформаційно-вимірювальної системи (МОІВС) містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, 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, радіолокаційний модуль, який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок, 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 та електронну обчислювальну машину, гіростабілізовану платформу.

UA 153369 U

Корисна модель належить до галузі електрозв'язку і може бути використана для побудови мобільної однопунктної інформаційно-вимірювальної системи (МОІВС).

Відомий "Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА для полігонного випробувального комплексу" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМ БРК), 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), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), модифікований інформаційний блок (МІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів (ФІ), тригер "1"|"0" (Тр), схему "і" ("І"), лічильники (Лч), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Дет), диференційовану оптику (ДО), підсилювач (П), фільтр (Ф), диференційовані ланцюжки (ДЛ), випрямлячі (Вип) та електронну обчислювальну машину (ЕОМ).

Недоліком відомого каналу є те, що він не може проводити зовнішньо-траєкторні вимірювання і пошук літального апарата (ЛА) у несприятливих умовах.

Найближчим аналогом корисної моделі є канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки їх зображення для мобільної однопунктної інформаційно-вимірювальної системи [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів Δv_m , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_m і $2\Delta v_m$, передавальну оптику, радіолокаційний модуль (РЛМ), який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від перешкод, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер, схему "і", лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, диференційовані ланцюжки, випрямлячі та електронну обчислювальну машину.

Недоліком найближчого аналога 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 .

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для МОІВС, який дозволить здійснювати виявлення ЛА, його захват, високоточне вимірювання похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, у будь-який час року, доби і за будь-якої погоди, у будь-якій точці і за будь-яким рельєфом місцевості полігону, дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщуються суміщена приймально-передавальна апаратура і ВМ по кутах азимута α і місця β , багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на частотах міжмодових биттів $9\Delta v_m \dots N\Delta v_{mп}$, збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формування і обробку його зображення.

Поставлена задача вирішується тим, що у канал, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів Δv_m , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_m і $2\Delta v_m$, передавальну оптику, радіолокаційний модуль, який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер, схему "і", лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, диференційовані ланцюжки, випрямлячі та електронну обчислювальну машину, згідно з корисною моделлю, додатково введено гіростабілізовану платформу (ГСП).

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для МОІВС пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу вимірювання [3], РЛМ та ГСП.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у виявленні ЛА, його захопленні, високоточному вимірюванні похилої дальності у широкому діапазоні дальностей, у будь-який час року, доби і за будь-якої погоди, у будь-якій точці і за

будь-яким рельєфом місцевості полігону, багатоканальному інформаційному взаємозв'язку з ЛА, збереженні інформації, що оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формуванні і обробки його зображення.

5 На фіг. 1 приведено передавальний бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: I - вимірювальний сигнал; II - інформаційний сигнал; III - радіолокаційний сигнал.

На фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування 4-ма діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання (ЛВ) у ортогональних площинах.

На фіг. 4 приведено створення лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації.

10 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 використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для МОІВС містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів 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, радіолокаційний модуль 7, який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад, приймальну оптику 8, фотодетектори 9, широкосмуговий підсилювач 10, модифікований інформаційний блок 11, резонансні підсилювачі 12, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів 13, схему "і" 14, фільтр із заданою смугою пропускання 15, диференційований ланцюжок 16, випрямляч 17, тригер 18, детектор 19, диференційовану оптику 20, підсилювач 21, фільтр 22, лічильник 23, електронну обчислювальну машину 24 та гіростабілізовану платформу 25.

25 Робота запропонованого каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для МОІВС 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 $\Delta v_{101}=v_{10}-v_1=9\Delta v_m, \dots, N\Delta v_{mn}$);

35 - РСН на основі формування сумарної ДС ЛВ, завдяки 4-м парціальним ДС ЛВ, що частково перетинаються, за умови використання комбінацій подовжніх мод ("підфарбованих" різницевиими частотами міжмодових биттів)

$$\Delta v_{54}=v_5-v_4=\Delta v_m, \Delta v_{97}=v_9-v_7=2\Delta v_m,$$

$$\Delta v_{63}=v_6-v_3=3\Delta v_m, \Delta v_{82}=v_8-v_2=6\Delta v_m;$$

- лазерною сигналу з просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з двох подовжніх мод (несучих частот v_{n1}, v_{n2}).

40 Лазерний сигнал, який складений з частот міжмодових биттів $N\Delta v_{mn}$, минаючи БД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від МІБ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається ЛА (створення взаємозв'язку) (фіг. 1, 2).

45 За допомогою СПМ БРК та МІБ створюються два лазерні сигнали з просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення ЛВ (кожної несучої частоти v_{n1} і v_{n2}) на два променя з поворотом площини поляризації на кут 90° в одному з них (v_{n1a}, v_{n1b} , і v_{n2a}, v_{n2b} , фіг. 2, 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. Залежно 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.

50 Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами ρ та відстанню до картинної площини R. Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано за гармонійним законом з коефіцієнтом модуляції, дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, у даній ділянці поверхні ЛА.

60 Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) 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 ЛВ попарно зустрічно сканують БД у кожній з двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лн живиться 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 у скануємі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС ЛВ у кожній з двох ортогональних площин α і β (X і Y).

5 При цьому груповий (інформаційний) лазерний сигнал частот $9\Delta v_m \dots N\Delta v_m$, лазерні сигнали з просторовою модуляцією поляризації (v_{n1a} , v_{n1b} і v_{n2a} , v_{n2b}) та радіолокаційний сигнал проходять вдовж РСН (фіг. 2).

Принцип роботи грубої шкали каналу вимірювання похилої дальності до ЛА полягає у наступному (фіг. 2, 5).

10 На передавальному боці.

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

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

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

20 Прийняті ПРМО від ЛА, відбиті у процесі сканування 4-ох ДС ЛВ, лазерні імпульсні сигнали і огинаючі сигнали ДС ЛВ за допомогою ФТД перетворюються у електричні імпульсні сигнали на різницевих частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП, вони розподіляються:

- у МІБ для обробки інформації ($9\Delta v_m$ від \dots $N\Delta v_m$), яка приймається від ЛА і відбитих лазерних сигналів з просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від поверхні ЛА;

25 - по РП, що настроєні на відповідні частоти Δv_m від, $2\Delta v_m$ від, $3\Delta v_m$ від, $6\Delta v_m$ від.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП Δv_m від формують сигнал про похилу дальність до ЛА, а РП $2\Delta v_m$ від, РП $3\Delta v_m$ від та РП $6\Delta v_m$ від - до інших вимірювальних каналів МОІВС.

30 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.

35 Просторовий розподіл поляризаційних характеристик такого відбитого сигналу за зміною контрасту модуляційної структури зображення несе також інформацію про типи матеріалів у складі поверхні ЛА, їх характеристики тощо, тому у модифікованому інформаційному блоці здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Отриманий від ФТД додатковий оптичний сигнал частоти $v_{5,4}$ з "бланкуючими" імпульсами, перетворений у сигнал Δv_m , здобуває чіткі границі "бланкуючого" імпульсу та, проходячи ДО, підсилюється.

40 Фільтр зі смугою пропускання $\Pi=1/t_i$ (де t_i - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу "бланкуючі" імпульси - у імпульси сигнали, які, проходячи ДЛ і Вип - ($\Phi = \text{ДЛ} + \text{Вип}$), виділяються у вигляді одного короткого імпульсу за початок "бланкуючого" імпульсу та надходять на T_r з індексом "1", включаючи його.

На приймальному боці.

45 Відбитий від ЛА основний сигнал частот $v_{5,4}$ у сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД у 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 частоти Δv_m та надходить тільки на T_r з індексом "0", "перекидаючи" його.

50 Сигнал, що надходить з T_r на схему "І", здійснює періодичне "відкриття" і "закриття" проходу для "пачок" імпульсів з ФІ1, що підраховуються Лч та відпрацьовуються у вигляді числа про похилу дальність до ЛА у ЕОМ.

55 Таким чином відбувається вимірювання похилої дальності до ЛА на грубій шкалі. Перехід на точну шкалу (генерація пікосекундних імпульсів) здійснюється одразу після припинення включення перемикача ("П") (формування "бланкуючого" імпульсу).

Так як канал вимірювання похилої дальності до ЛА вводиться до складу структури МОІВС, то вмикання і вимикання перемикача (П) відбувається одночасно для 2-х (пар) частот $v_{5,4}$ і $v_{9,7}$.

60 Апаратурні похибки вимірювання похилої дальності до ЛА у запропонованому каналі - це похибки визначення початку і кінця відліку часового інтервалу, похибки 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 ЛВ та відношення сигнал/шум.

Кількість інформаційних каналів (N) залежить від кількості комбінацій парних мод (несучих частот ν_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

5 За несприятливими погодними умовами (дощ, сніг і тощо) захоплення (захват) РЛМ на супроводження ЛА починається шляхом перегляду області простору, де він знаходиться. Супроводження РЛМ триває до тих пір, поки не перейде на автоматичне супроводження сумарною ДС ЛВ МОІВС. Інформація від РЛМ поступає на ЕОМ.

10 Обробка та відображення вимірювальної інформації про похилу дальність до ЛА відбувається у ЕОМ.

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

15 Підвищення швидкості обробки інформації, яка поступає 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 , що дозволяє застосовувати МОІВС на випробувальному полігоні у будь-якій точці та за будь-яким рельєфом місцевості.

20 Формування ДС ЛВ і створення РСН 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:

25 1. Патент на корисну модель № 81457, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА для полігонного випробувального комплексу /О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201302054; заяв. 19.02.2013; опубл. 25.06.2013; Бюл. № 12. - 7 с.

30 2. Патент на корисну модель № 150916, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки їх зображення для мобільної однопунктної інформаційно-вимірювальної системи /О.В. Коломійцев, В.В. Тюрін, Г.В. Певцов та ін. - № u202107432; заяв. 20.12.2021; опубл. 04.05.2022; Бюл. № 18. - 7 с.

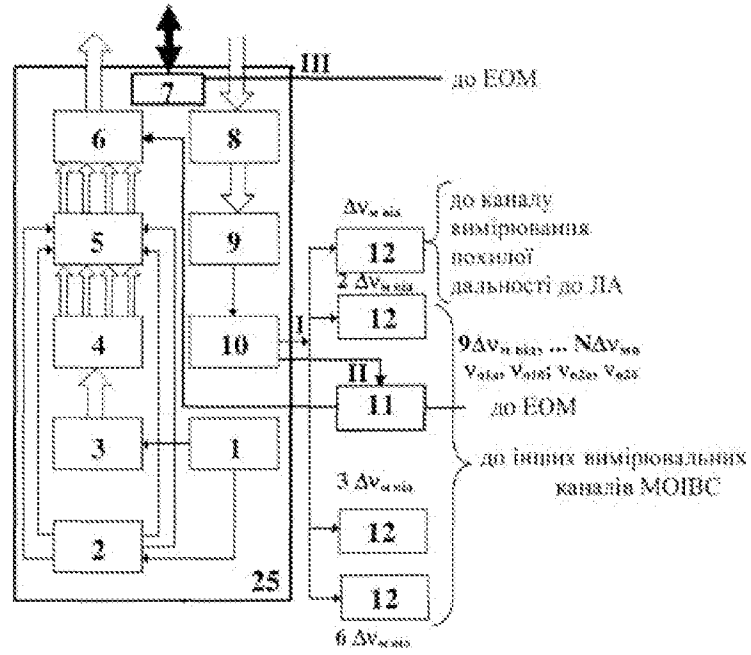
35 3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату /О.В. Коломійцев. - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

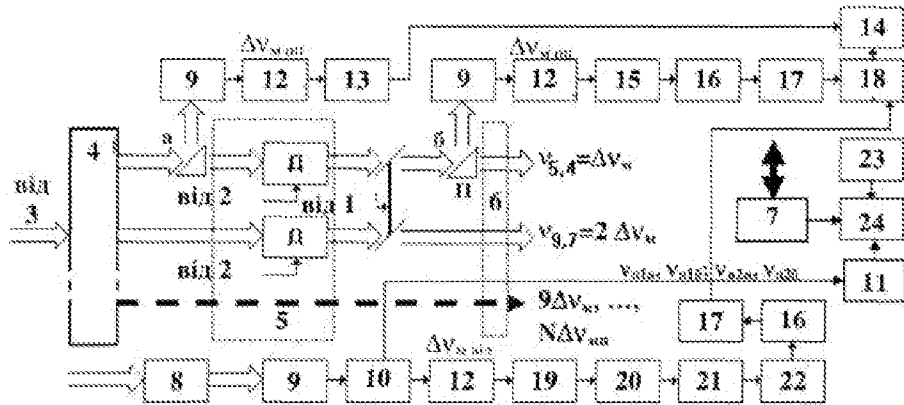
40

Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів, можливістю формування і обробки їх зображення та гіростабілізацією для мобільної однопунктної інформаційно-вимірювальної системи (МОІВС), що містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, 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, радіолокаційний модуль, який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок, 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 та електронну обчислювальну машину, який **відрізняється** тим, що додатково введено гіростабілізовану платформу.

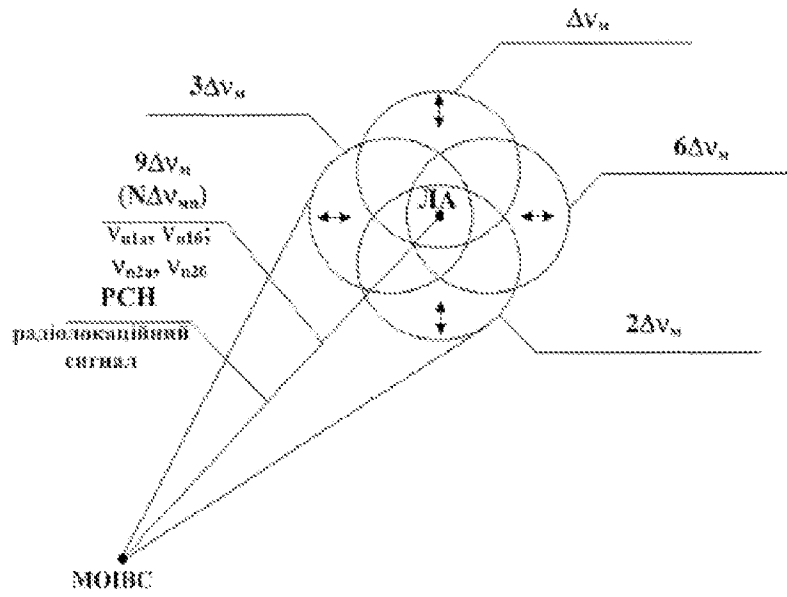
50



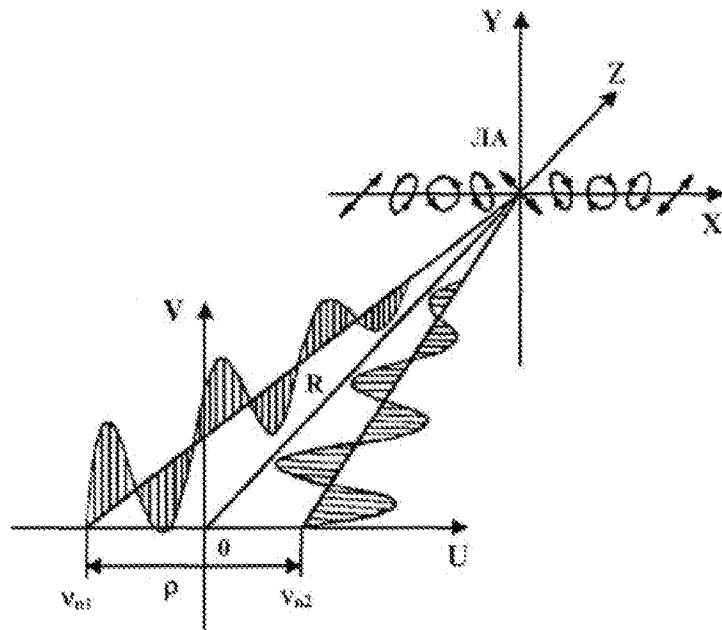
Фіг. 1



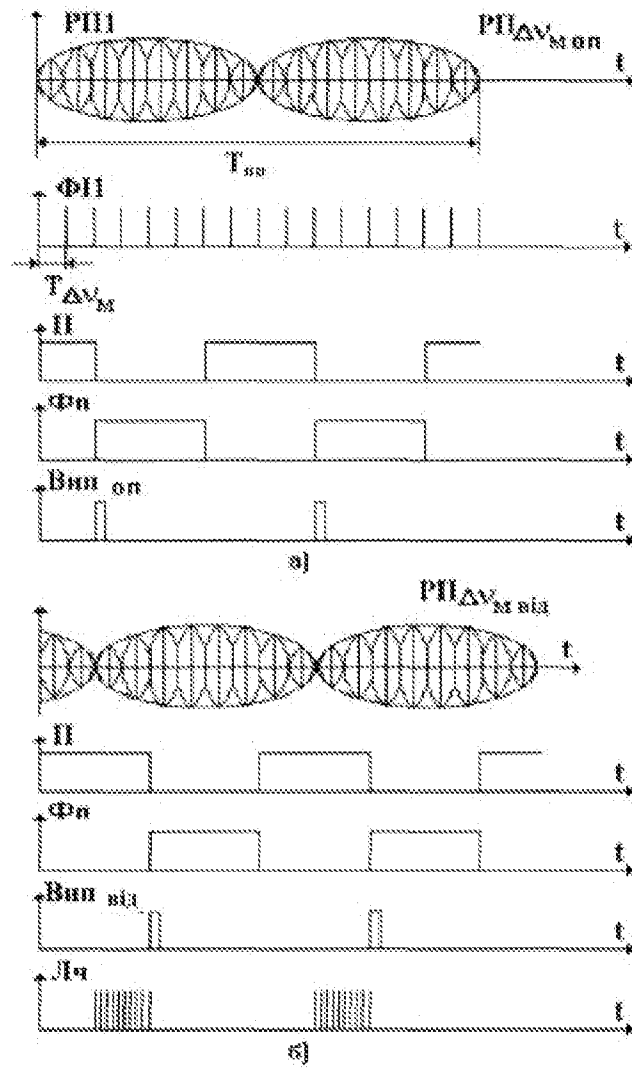
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5