



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61869 (13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ ТА МОЖЛИВІСТЮ ПОШУКУ, ФОРМУВАННЯ І ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ЛА**

1

2

**(21)** u201104026**(22)** 04.04.2011**(24)** 25.07.2011**(46)** 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.**(72)** КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, БАЛАБУХА ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КОЗИНА ОЛЬГА АНДРІЇВНА, ЛУКОВСЬКИЙ ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ, НАКОНЕЧНИЙ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ**(73)** ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА**(57)** Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастот-

ним розділенням каналів (СПМБРК), призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$  і  $2\Delta v_m$ , передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, ширококутовий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з літальним апаратом (ЛА) та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер "1"|"0", схему "і", лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовні ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА, який відрізняється тим, що після СПМБРК замість блока дефлекторів введено модифікований блок дефлекторів.

Запропонована корисна модель належить до галузі електровз'язку і може бути використана для синтезу лазерної інформаційно-вимірювальної системи (ЛІВС) з частотно-часовим методом (ЧЧМ) пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату (ЛА).

Відомий «Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів» [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (ЛН), селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$  і  $2\Delta v_m$ , передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА, резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів (ФІ), тригер „1”|„0”, схему „і”

(«І»), лічильники (Лч), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Дет), диференційовну оптику (ДО), підсилювач (П), фільтр (Ф), диференційовні ланцюжки (ДЛ), випрямлячі (Вип), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та блок відображення вимірювальної інформації (БВІ) про похилу дальність R до ЛА.

Недоліком відомого каналу є те, що він не може формувати та обробляти зображення ЛА.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю формування і обробки зображення ЛА» [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$  і  $2\Delta v_m$ , передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широко-

(13) U

(11) 61869

(19) UA

смуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок (МТБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференцюємо оптику, підсилювач, фільтр, диференцюємі ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не виконує додаткового сканування сумарною діаграмою спрямованості (ДС) лазерного випромінювання за умови пошуку ЛА.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на частотах міжмодових биттів  $9\Delta v_M \dots N\Delta v_{Mn}$  та, в разі необхідності, пошук ЛА у заданій зоні із заданим законом сканування, формування і обробку його зображення.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомий канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_M$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_M$  і  $2\Delta v_M$ , передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференцюємо оптику, підсилювач, фільтр, диференцюємі ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА, додатково після СПМБРК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД).

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА пов'язана з використанням синхронізованого одномодового багаточастотного випромінювання єдиного лазера-передавача та ЧЧМ [3].

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає в високоточному вимірюванні похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з

початкового моменту його польоту, багатоканальним (N) інформаційному взаємозв'язку з ЛА на частотах міжмодових биттів та, в разі необхідності, пошуку ЛА у заданій зоні, формуванні і обробки його зображення.

На фіг. 1 приведено передаючий бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: 1 - вимірювальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування сумарною діаграмою спрямованості лазерного випромінювання у невеликому куті і окремо 4-мя ДС в ортогональних площинах.

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

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

Запропонований канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку, формування і обробки зображення ЛА містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_M$ , модифікований блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_M$  і  $2\Delta v_M$ , передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та формування і обробки його зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференцюємо оптику, підсилювач, фільтр, диференцюємі ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА.

Робота запропонованого каналу полягає у наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-передавача (Лп) за допомогою СПМБРК виділяються необхідні пари частот для створення:

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

- рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки частково перетинаючих 4-х парціальних ДС, за умови використання різницевої частоти 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 із просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з двох подовжніх мод (несучих частот  $\nu_{n1}, \nu_{n2}$ ).

Груповий лазерний сигнал, який складений із частот міжмодових биттів  $N\Delta\nu_{mn}$ , минаючи МБД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від МІБ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається ЛА (створення взаємозв'язку) (фіг. 1-3).

За допомогою СПМБРК та МІБ створюються два лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення лазерного випромінювання (кожної несучої частоти  $\nu_{n1}$  та  $\nu_{n2}$ ) на два променя з поворотом площини поляризації на кут  $90^\circ$  в одному з них ( $\nu_{n1a}, \nu_{n1b}$ , та  $\nu_{n2a}, \nu_{n2b}$  фіг. 3, 4). При цьому випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній площині UOV рознесені на відстані  $\rho$ . Різниця ходу пучків до картинної площини ЛА ХОУ 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 к початкової і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами  $\rho$  та відстанню до картинної площини R. Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано по гармонійному закону з коефіцієнтом модуляції та дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, в даній ділянці поверхні ЛА.

Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M, 2\Delta\nu_M, 3\Delta\nu_M$  та  $6\Delta\nu_M$  надходить на МБД, що складається з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують МБД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 1, 3). Період сканування задається БКД, який разом з Лн живляться від керуючого елемента. Проходячи через передавальну оптику, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот:  $\nu_5, \nu_4 = \Delta\nu_M, \nu_9, \nu_7 = 2\Delta\nu_M, \nu_6, \nu_3 = 3\Delta\nu_M$  та  $\nu_8, \nu_2 = 6\Delta\nu_M$  фокусується в скануємі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або X і Y, при цьому груповий (інформаційний) лазерний сигнал частот  $9\Delta\nu_M \dots N\Delta\nu_{mn}$ , та лазерні сигнали із просторовою модуляцією поляризації ( $\nu_{n1a}, \nu_{n1b}$ , та  $\nu_{n2a}, \nu_{n2b}$ ) проходять вдовж РСН (фіг. 3).

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

На боці, який передає.

Перша пара частот  $\nu_{54}$  виділена СПМБРК із спектру випромінювання лазера розщеплюється під дією розщепителя (призми) на два оптичні сиг-

нали:

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

2) додатковий (1) - перетворюваний ФТД в електричний імпульсний сигнал різницевої частоти міжмодового биття  $\Delta\nu_M$  та надходить на ФІ1, де відбувається виділення «пачок» імпульсів, прийнятих схемою «І».

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

- в МІБ для обробки інформації, що приймається від ЛА та відбитого лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від його поверхні для формування і обробки зображення ЛА;

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

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП1 (РП  $\Delta\nu_M$ ) формують сигнал про R до ЛА, а РП 4 (РП  $6\Delta\nu_M$ ), РП2 (РП  $2\Delta\nu_M$ ) і РП3 (РП  $3\Delta\nu_M$ ) - сигнали для інших вимірювальних каналів ЛІВС.

При відбитті лазерного сигналу із 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. Тому у модифікованому інформаційному блоці здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Отриманий від ФТД додатковий оптичний сигнал частоти  $\nu_{5,4}$  з «бланкуючими» імпульсами, перетворений в сигнал  $\Delta\nu_M$ , здобуває чіткі границі «бланкуючого» імпульсу, проходячи ДО, підсилюється. Фільтр  $P = 1/\tau_i$  (де  $\tau_i$  - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу «бланкуючі» імпульси - в імпульси сигнали, які, проходячи ДЛ і Вип (ФІ=ДЛ + Вип), виділяються у вигляді одного короткого імпульсу за початок «бланкуючого» імпульсу та надходять на тригер з індексом «1», включаючи його.

На боці, який приймає.

Відбитий від ЛА основний сигнал частот  $\nu_{5,4}$  у сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал  $\Delta\nu_M$ , підсилюється ШП та виділяється в РП, як сигнал між-

модової частоти  $\Delta v_{M \text{ від}}$ . Проходячи через Дет, перетворюється точно також, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти  $\Delta v_M$ , 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, які підраховуються Лч і відпрацьовуються у вигляді числа, котре відповідає R, через ЕЦОМ на БВІ.

Таким чином відбувається вимір похилої дальності до ЛА на грубій шкалі. Перехід на точну шкалу (генерація пікосекундних імпульсів) здійснюється одразу після припинення вмикання ключа (для формування «бланкуючого» імпульсу).

Так як канал вимірювання похилої дальності до ЛА пропонується ввести до складу структури ЛІВС з ЧЧМ, то вмикання та вимикання перемикача (П) відбувається одночасно для 2-ох пар частот  $v_{5,4}$  і  $v_{9,7}$ .

Апаратні помилки виміру R до ЛА в запропонованому каналі - це помилки визначення початку і кінця відліку часового інтервалу, помилки за рахунок дискретності і 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.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору груповий сигнал, який складений із частот міжмодових биттів і несучих частот  $v_n$ , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блоку дефлекторів, де кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається БКД

(фіг. 1-3).

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

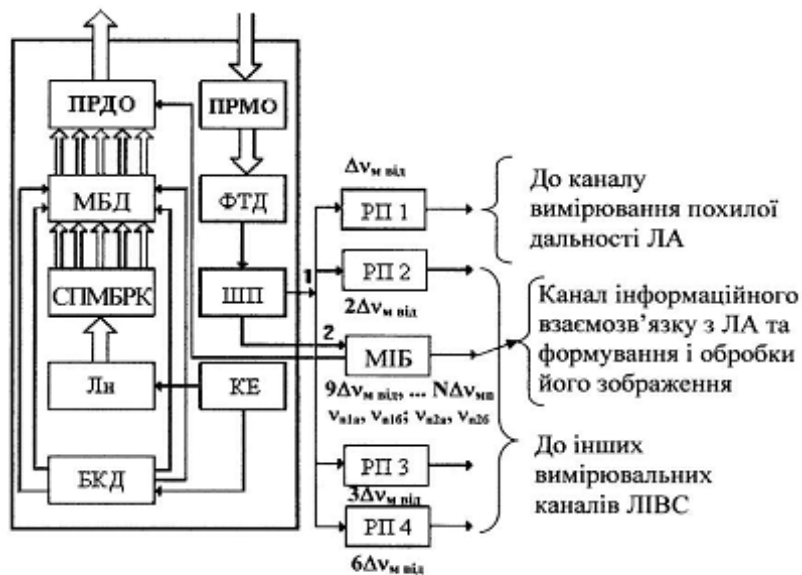
Кількість інформаційних каналів (N) в каналі, що пропонується, залежить від кількості мод (несучих частот  $v_n$ ), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації:

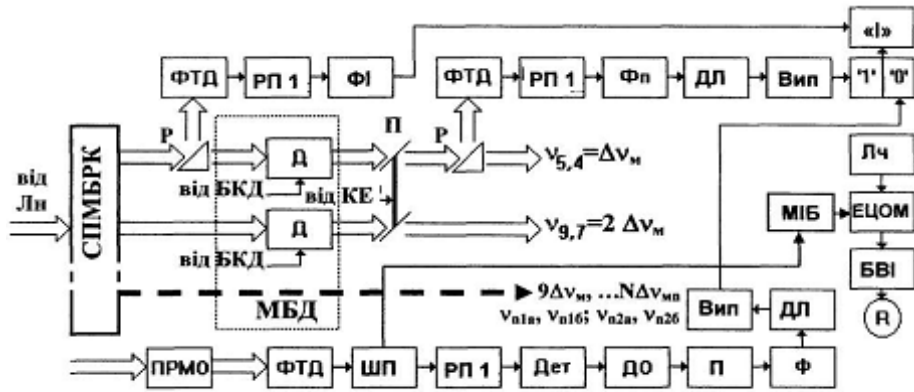
1. Патент на корисну модель № 48399, Україна, МПК G01S 17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. /О. В. Коломійцев, В. В. Белімов, Д. Г. Васильєв та ін. - № u200911397; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5 - 8 с.

2. Патент на корисну модель № 55507, 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. /О. В. Коломійцев, Г. В. Альошин, В. В. Белімов та ін. - № u201008920; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23. - 12 с.

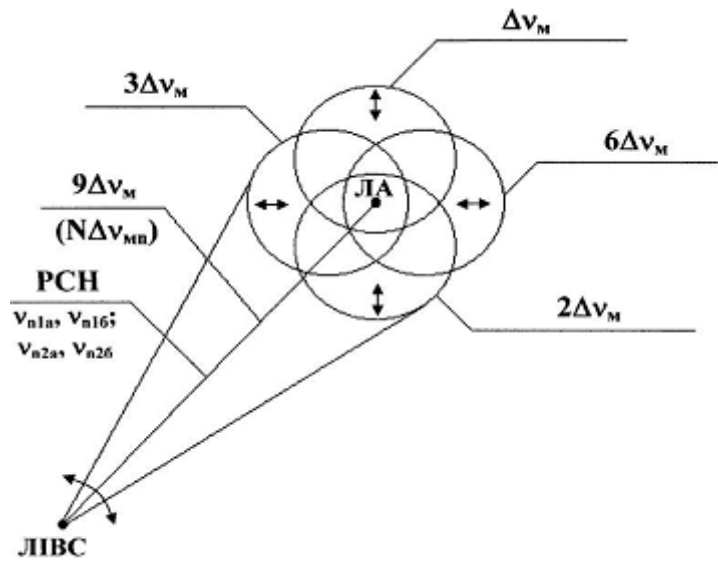
3. Патент на корисну модель № 55645 Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О. В. Коломійцев - № u201005 225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.



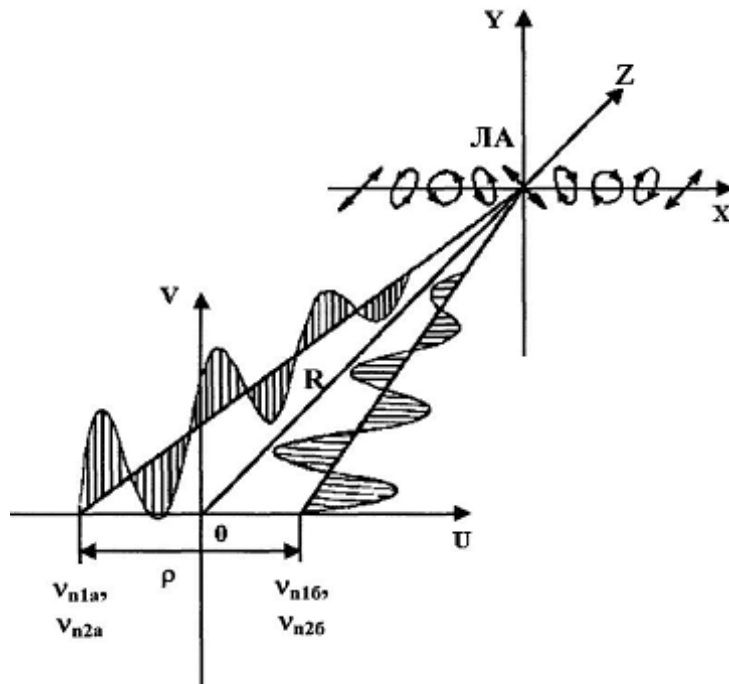
Фіг. 1



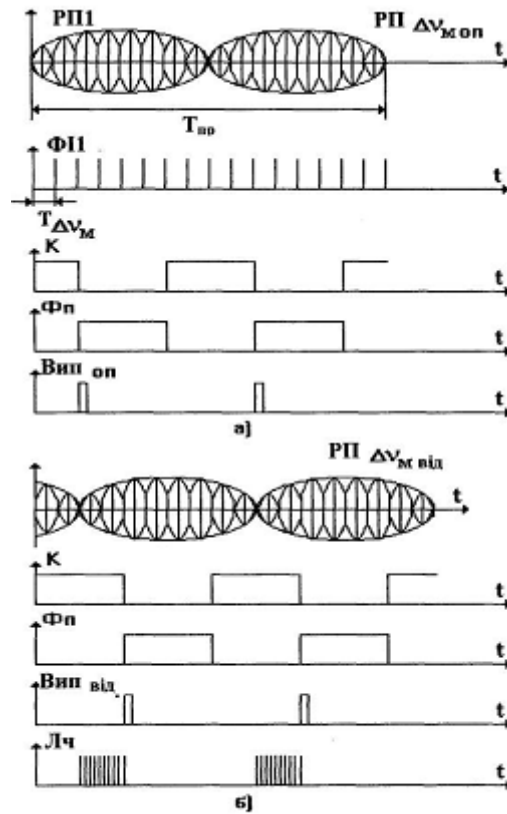
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5