



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61883 (13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ І МБД ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201105023

(22) 20.04.2011

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КЛІВЕЦЬ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ, КОЗИНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ПЄВЦОВ ГЕННАДІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, 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 і МБД та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), призми для частоти між-

модових биттів $\Delta\nu_M$, перемикач для частот міжмодових биттів $\Delta\nu_M$ і $2\Delta\nu_M$, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач (ШП), 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 літального апарата (ЛА), який відрізняється тим, що після СПМБРК замість блока дефлекторів введено модифікований блок дефлекторів та після ШП замість багатфункціонального інформаційного блока введено інформаційний блок з розширеними можливостями із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Запропонована корисна модель належить до галузі електровз'язку і може бути використана для синтезу лазерної інформаційно-вимірювальної системи (ШВС) 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 $\Delta\nu_M$, блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових биттів $\Delta\nu_M$ і $2\Delta\nu_M$, передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), 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 літального апарату (ЛА).

Недоліком відомого каналу є те, що він не може розпізнавати 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 розпізнавання ЛА" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів $\Delta\nu_M$, блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів $\Delta\nu_M$ і

U
(13)

61883
(11)

UA
(19)

$2\Delta v_M$, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, багатифункціональний інформаційний блок (БІБ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „i”, 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.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не використовує лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах v_{n1} та v_{n2} для детального розпізнавання ЛА та 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 і МБД та розширеними можливостями, 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 ДС лазерного випромінювання і, завдяки використанню поляризаційних ознак ЛА, що отримуються, детально розпізнавати його за коротким часом.

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 Δv_M , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, багатифункціональний інформаційний блок із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „i”, 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 додатково після СПМБПК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД) та після ТГТГТ замість БІБ введено інформаційний блок з розширеними можливостями (ІБРМ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями 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, багатоканальному (N) Інформаційному взаємозв'язку з ЛА на частотах міжмодових биттів та його пошуку у заданій зоні і розширенні набору поляризаційних ознак розпізнавання ЛА, що отримуються, підвищенні ефективності і скороченні часу на його розпізнавання.

На фіг. 1 приведено передаючий бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: 1 - вимірювальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації; б - введення сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарату, що виміряна.

На фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування сумарною ДС лазерного випромінювання у невеликому куті і окремо 4-мя діаграмами спрямованості 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 і МБД та розширеними можливостями містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, призми для частоти міжмодових биттів Δv_M , модифікований блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_M і $2\Delta v_M$, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, інформаційний блок з розширеними можливостями із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „i”, 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.

Робота запропонованого каналу полягає у наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-

передавача (Лн) за допомогою СПМБРК виділяються необхідні пари частот для створення:

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

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

- рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних ДС, за умови використання різницевої частот міжмодових биттів

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

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

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

Також, за допомогою СПМБРК та ІБРМ створюється лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації шляхом створення лазерного випромінювання із двох несучих частот (v_{n1} та v_{n2}) у вигляді двох променів з вертикальною (v_{n1}) та горизонтальною (v_{n2}) поляризацією (фіг. 4).

При цьому випромінювання апертури першого і другого поляризаційних каналів в апертурній площині VOU рознесені на відомій відстані Δv_q . Різниця ходу пучків до картинної площині ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цією різницею фаз (амплітуд) між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки. В залежності від різності фаз (амплітуд) 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 Δv_q та відстанню до картинної площині 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 $\Delta v_M, 2\Delta v_M, 3\Delta v_M$ та $6\Delta v_M$ 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:

$$v_5, v_4 = \Delta v_M, \quad v_9, v_7 = 2\Delta v_M,$$

$$v_6, v_3 = 3\Delta v_M, \quad \text{та } v_8, v_2 = 6\Delta v_M,$$

фокусується в скануєми точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин а і (З або X і Y, при цьому груповий (інформаційний) лазерний сигнал частот $9\Delta v_M \dots N\Delta v_{Mn}$ та лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах v_{n1}, v_{n2} проходять вдовж РСН.

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

На боці, який передає. Виділена СПМБРК із спектру випромінювання лазера перша пара частот v_{54} розщеплюється під дією розщепителя (призми) на два оптичні сигнали:

- 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 Δv_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 різницевої частоті міжмодових биттів. Підсилені ШП вони розподіляються:

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

- по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів: 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 РШ (РП Δv_M) формують сигнал про R до ЛА, а РП 4 (РП $6\Delta v_M$), РП2 (РП $2\Delta v_M$) і РП3 (РП $3\Delta v_M$) - 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, що відображається у

ЕЦОМ. Тому у ІБРМ також 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 та проходячи ДО, підсилюється. Фільтр $P=1/\tau_i$ (де τ_i - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу "бланкуючі" імпульси - в імпульси сигнали, які, проходячи ДЛ і Вип ($\Phi I = \text{ДЛ} + \text{Вип}$) виділяються у вигляді одного короткого імпульсу за початок "бланкуючого" імпульсу та надходять на тригер з індексом "1", включаючи його.

На боці, який приймає. Відбитий від ЛА основний сигнал частот $\nu_{5,4}$ У сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал $\Delta\nu_M$, який підсилюється ШП та виділяється в РП, як сигнал міжмодової частоти $\Delta\nu_{M \text{ від}}$. Проходячи через Дет, перетворюється точно також, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти $\Delta\nu_M$, надходить тільки на тригер з індексом "0", "перекидаючи" його. Сигнал, що надходить з тригера на схему "I" здійснює періодичне "відкриття" і "закриття" проходу для "пачок" імпульсів з $\Phi I 1$, 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 $\nu_{5,4}$ і $\nu_{9,7}$.

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 огинаючий при заданому граничному значенні напруги U_n та залежить від форми скануючої ДС лазерного випромінювання і відносини сигнал/шум.

Вимірювальна інформація про тангенціальну складову швидкості (кутові швидкості) ЛА від кана-

лу кутових швидкостей використовується в ІБРМ, де завдяки додатковій обробці елементів поляризаційної матриці розсіяння ЛА від отриманого поляризаційного поля (суми сигналів різної поляризації) забезпечується точне значення кутових швидкостей ЛА, розширюється набір ознак його розпізнавання, підвищується ефективність та скорочується час на розпізнавання ЛА, що супроводжується.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору, груповий сигнал, який складений із частот міжмодових биттів і несучих частот ν_n , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блоку дефлекторів, де кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається БКД (фіг. 1, 3).

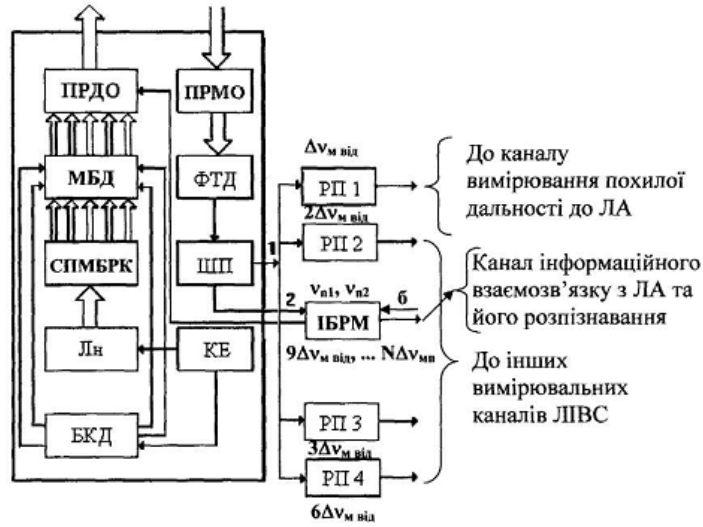
Формування сумарної ДС лазерного випромінювання, створення РСН, інформаційного каналу для каналу, що пропонується, пов'язано із задоволенням жорстких вимог, які пред'являються до спектру випромінювання одномодового багаточастотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів. Кількість інформаційних каналів залежить від кількості комбінацій парних мод (несучих частот ν_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації:

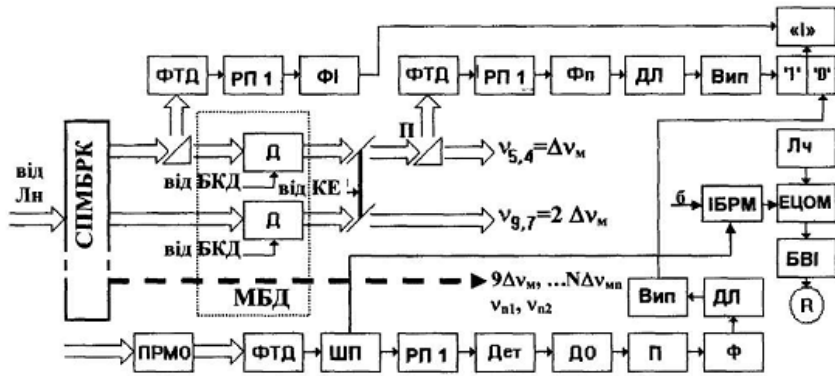
1. Патент на корисну модель № 48399, Україна, МПК G01 S 17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. /О.В.Коломійцев, В.В.Белімов, Д.Г.Васильєв та ін. -№ U200911397; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5-8 с

2. Патент на корисну модель №55504, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА. /О.В.Коломійцев, Г.В.Альошин, Д.Г.Васильєв та ін. - №и201008915; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23.-12 с

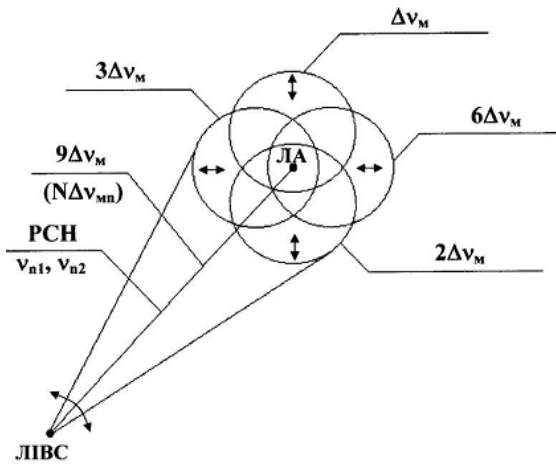
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В.Коломійцев - № и201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24.-14 с.



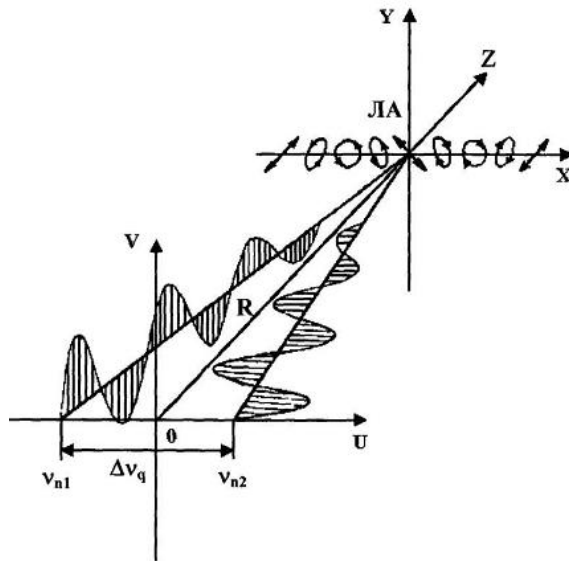
Фіг. 1



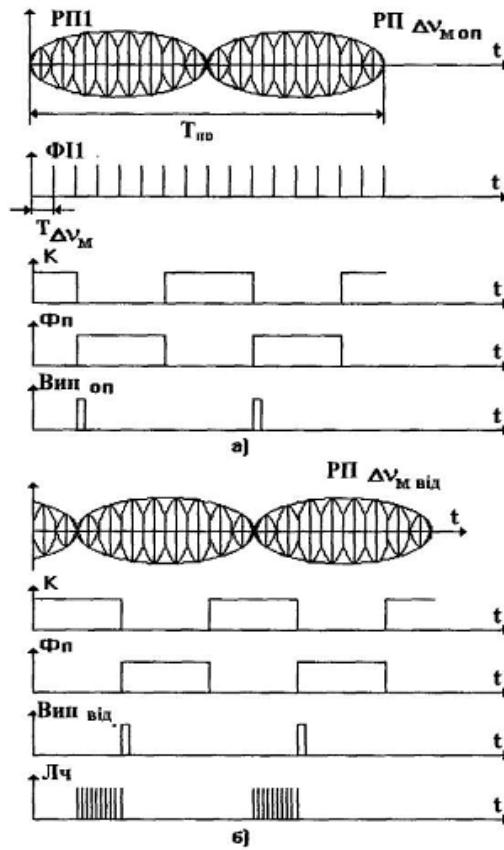
Фіг. 2



Фіг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5