



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61880 (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 АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ І МБД ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ**

1

2

(21) u201104769

(22) 18.04.2011

(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, КОЗІНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ПЄВЦОВ ГЕННАДІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком 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), передавальну оптику,

приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_M$ передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах, 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 введенням б

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

Відомий «Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком 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), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА, резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори (Дет), фільтри (Ф), формувачі імпульсів (ФІ), тригери ("1"|"0"), схеми "і" («І»), лінії затримки (ЛЗ), лічильники (Лч), цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), фільтри нижніх

частот (ФНЧ), підсилювачі (фільтри) сигналу похибки (ПСП), виконуючі механізми (ВМ), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_M$ передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

Недоліком відомого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком (АСН) є те, що він не може розпізнавати ЛА.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком 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, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилю-

(13) U

(11) 61880

(19) UA

вач, багатофункціональний інформаційний блок (БІБ) для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

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 автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями, який дозволить здійснювати багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на частотах міжмодових биттів $9\Delta v_m \dots N\Delta v_{mp}$, точне і стійке кутове автосупроводження при одночасному вимірюванні кутів азимута α і міста β у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту 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 короткий час.

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, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, багатофункціональний інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з ЛА та його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах додатково після СПМБРК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД) та після ШП замість БІБ введено інформаційний блок з розширеними можливостями (ІБРМ) із введенням б.

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів 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 стійкому кутовому автосупроводженні ЛА при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута і міста 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 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу АСН, де: I - вимірювальний сигнал; II - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації; а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m ($3\Delta v_m$) лазера-передавача; б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей α' і β') ЛА для уточнення похибки збігу по кутах каналів.

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

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

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

На фіг. 5 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу АСН, які визначають поляриність, де: а) - для визначення знаку «+»; б) - для визначення знаку «-».

На фіг. 6 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно ЛІВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком 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, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, інформаційний блок з розширеними можливостями із введенням б, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери ("1"|"0"), схеми "і", лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконуючі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної

складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для утворення похибки збігу по кутах.

Робота запропонованого каналу автоматично-го супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями полягає в 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 $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_M \dots N\Delta v_{MN}$);

- 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 перетинаючих 4-х парціальних ДС, за умови використання різницевої частоти міжмодових биттів

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

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

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, 2).

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. 3). При цьому випромінювання апертури першого і другого поляризаційних каналів в апертурній площині VOU рознесені на відомій відстані Δv_q . Різність ходу пучків до картинної площині ЛА $ХОУ$ змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різність 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 до 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, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лп живляться від керуючого елемента. Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот:

$$v_5, v_4 = \Delta v_M, v_9, v_7 = 2\Delta v_M, v_6, v_3 = 3\Delta v_M$$

та $v_8, v_2 = 6\Delta v_M$ фокусується в скануємі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин α і β 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 (фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА інформаційні та лазерні імпульсні сигнали і огинаючі 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:

$$\Delta v_M \text{ від}, 2\Delta v_M \text{ від}, 3\Delta v_M \text{ від}, 6\Delta v_M \text{ від}.$$

При цьому, імпульсні сигнали радіочастоти, які надходять з РП Δv_M і РП2 Δv_M формують сигнал похибки по куту α , а РП3 Δv_M і РП6 Δv_M - по куту β .

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.

Формування сигналу похибки по куту α полягає у наступному.

Введення з опорного каналу імпульсного сигналу Δv_M (а), перетвореного Ф11 у «пачки» опорних імпульсів на частоті $\Delta v_{M \text{ оп}}$, надходить на схему «л». Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП Δv_M частоти міжмодових биттів Δv_M від (фіг. 4, 5) детектується у виді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазерного випромінювання і, після проходження Ф, перетворюється у Ф12 у точках переходів періодів сканування в імпульси (один імпульс за період сканування) та

надходить на тригер «1», перекидаючи його. У цей же час, виділений і посилений РП2 Δv_M імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_M$ від детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється по такому ж закону. Проходячи Ф, перетворюється в ФІ2 у точках переходів періодів коливань в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер «0», установлюючи його у вихідний стан.

Вимір часового інтервалу в схемі «I» із заданою точністю, полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми «I». У зв'язку з тим, що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається за часом, характерними значеннями сигналу, які визначають начало і кінець відліку часового інтервалу, є граничне значення U_n (порогове значення напруги) (фіг. 4).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю тригером схеми «I», регулюється проходження імпульсів у схемі «I» від ФІ1, тобто відбувається виділення «пачок» імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (фіг. 5, 6). Підраховані лічильником імпульси перетворюються ЦАП в аналоговий сигнал похибки з необхідним знаком, що змішується у ФНЧ з імпульсним сигналом від каналу куткових швидкостей ЛА (б) для уточнення похибки збігу по кутах. Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу куткових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флукуаційна похибки фільтрації. Отриманий сигнал, відфільтрований у ФНЧ і посилений підсилювачем сигналу похибки, відпрацьовується за допомогою $ВМ(\alpha)$, надходить від ПСП α на вхід ЕЦОМ та виділяється в ній у виді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α .

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему «I» першим надходить імпульс з ФІ2 міжмодової частоти Δv_M від, а на тригер надходить другий імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $2\Delta v_M$ від (фіг. 1, 4, 5). На схему «I» від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунку імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_M від. Оскільки тривалість строга залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, маємо схему визначення полярності сигналу похибки («+» або «-»).

Якщо ЛА буде розташований нижче РСН, то першим надійде імпульс від ФІ2 з каналу $2\Delta v_M$ від, а другим - з Δv_M від.

Визначення знаку («+» або «-»), або сторони відхилення ЛА від РСН (фіг. 1; 5 а, б) полягає у наступному.

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 (фіг. 1, 5 а) від каналу Δv_M від випереджає імпульс 2 каналу $2\Delta v_M$ від. Оскільки строб від тригера за-

тримується на час, що перевищує тривалість імпульсу 1 (або 2), то схема збігів «I» не спрацьовує, тому що імпульс 1 не збігається в часі з даним стробом. Знак сигналу похибки по куту α залишається позитивним. Якщо ЛА знаходиться нижче РСН (фіг. 5 б), то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом. Схема «I» спрацьовує і змінює знак (або полярність) напруги сигналу похибки по куту α . Імпульс зі схеми «I» подається на знаковий розряд лічильника імпульсів з частотою Δv_M . Число імпульсів у лічильнику пропорційно куту відхилення α від РСН.

Форматування сигналу похибки по куту β відбувається таким же чином, як для сигналу похибки по куту α .

$ВМ_\alpha$ і $ВМ_\beta$ розвертають приймально-передавальну платформу таким чином, щоб ЛА знаходився на РСН каналу АСН, тобто на РСН сумарної ДС лазерного випромінювання (фіг. 2, 6). Відображення інформації, що приймається (передається) від ЛА та обробка (вимірювання) кутів азимута α і міста β відбувається в ЕЦОМ.

Вимірювальна інформація про тангенціальну складову швидкості (кутові швидкості) ЛА від каналу куткових швидкостей використовується в ІБРМ, де завдяки додатковій обробці елементів поляризаційної матриці розсіяння ЛА від отриманого поляризаційного поля (суми сигналів різної поляризації) забезпечується точне значення куткових 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 v_n , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блоку дефлекторів, де кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається БКД (фіг. 1, 2).

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

Джерела інформації:

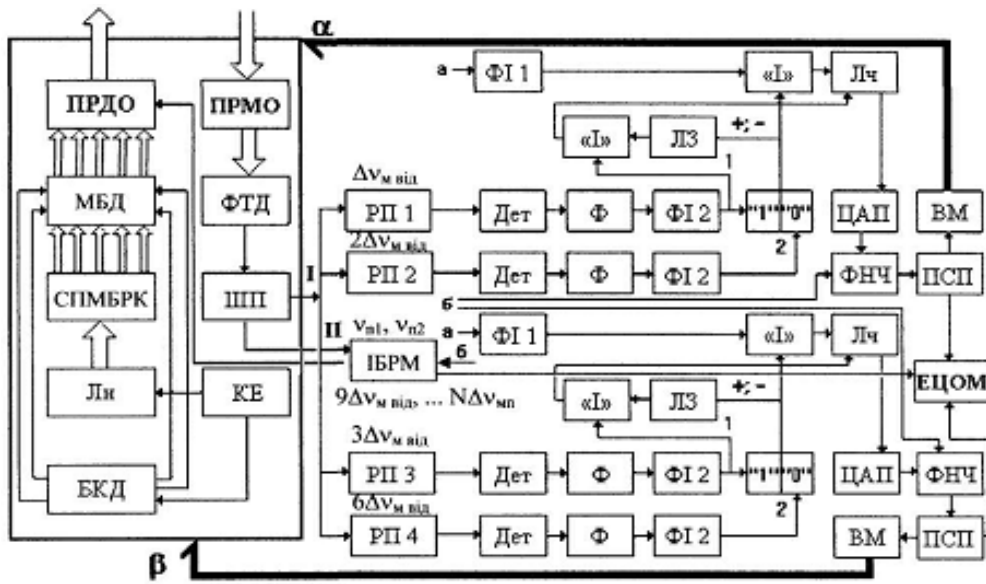
1. Патент на корисну модель № 48400, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів. /О. В. Коломійцев, В. В. Белімов, М. Б. Бровко та ін. - №u200911398; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. № 5 - 10с.

2. Патент на корисну модель № 55501, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА. /О. В. Коломійцев, Г. В. Альошин, Д. Г. Васильєв та ін. - № u201008085; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23. - 10 с.

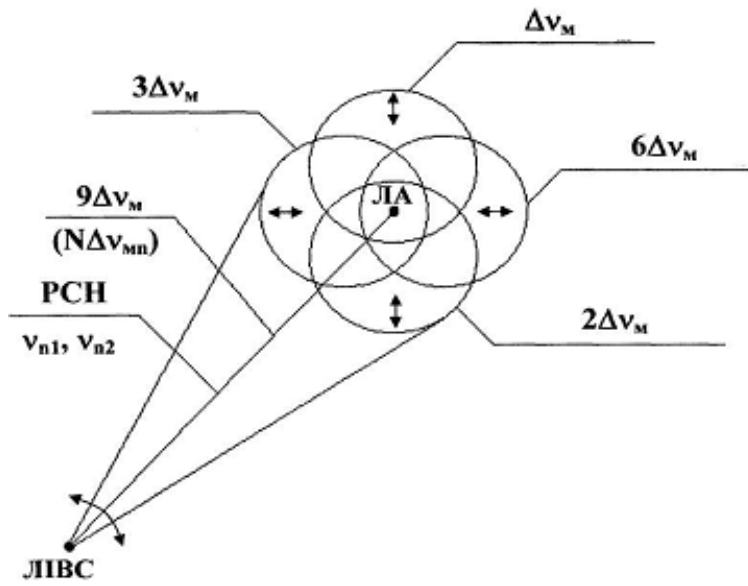
3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання па-

раметрів руху літального апарату. /О. В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл.

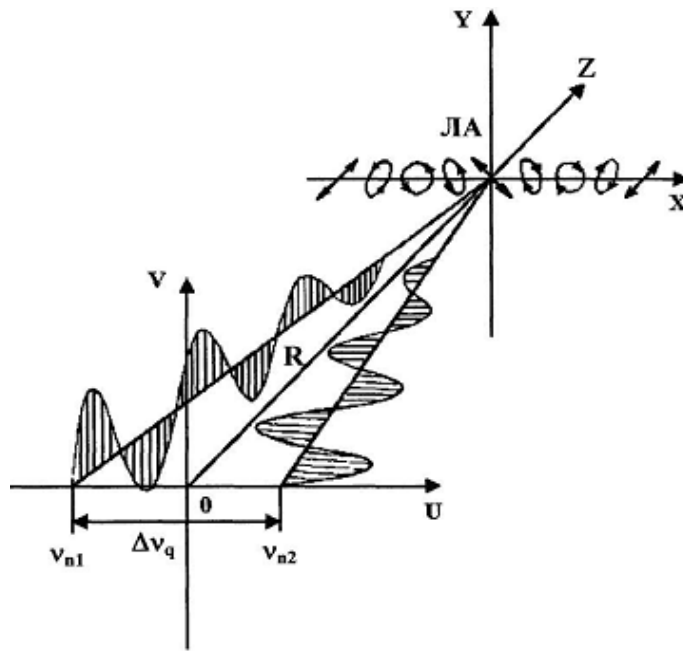
27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.



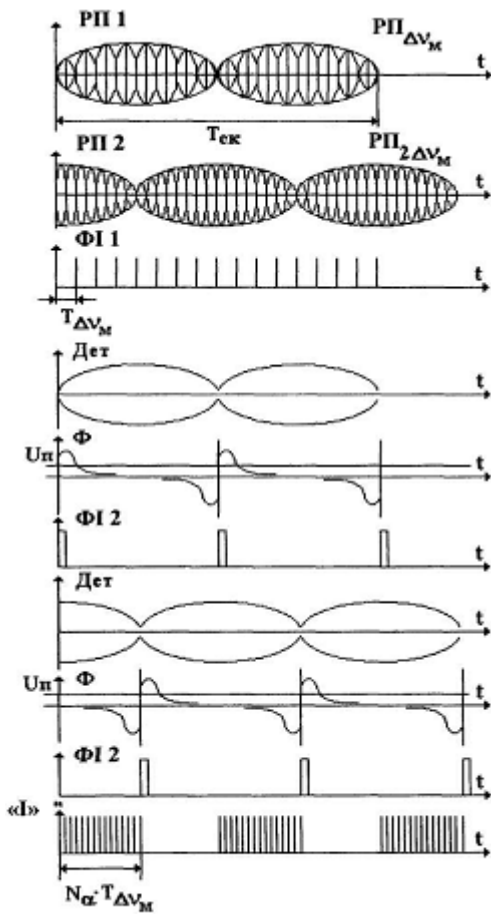
Фиг. 1



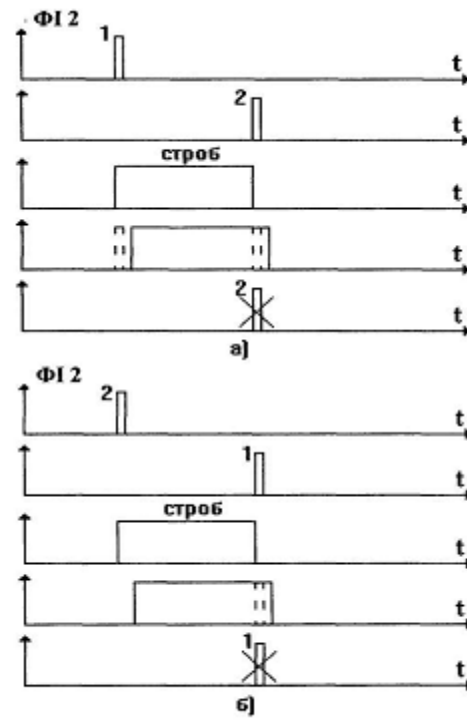
Фиг. 2



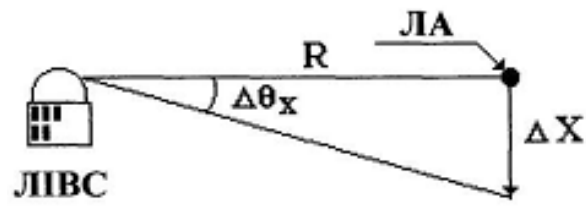
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фіг. 6