



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61872 (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 АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ ТА МОЖЛИВІСТЮ ПОШУКУ І РОЗПІЗНАВАННЯ ЛА

1

(21) u201104223

(22) 07.04.2011

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, БАЛАБУХА ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КОЗІНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ОМЕЛЬЧЕНКО АНДРІЙ ІГОРОВИЧ, 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 та можливістю пошуку і розпізнавання ЛА, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розді-

2

ленням каналів (СПМБРК), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопasmовий підсилювач, багатофункціональний інформаційний блок для інформаційного взаємозв'язку з літальним апаратом (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 $\Delta\nu_m$ 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.

Запропонована корисна модель належить до галузі електровзв'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 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), широкопasmовий 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, широкопasmовий підсилю-

U
(13)

61872
(11)

UA
(19)

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 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 та можливістю пошуку і розпізнавання ЛА, який дозволить здійснювати багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на частотах міжмодових биттів $9\Delta v_M \dots N\Delta v_M$, 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 його розпізнавання.

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, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутний 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).

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку і розпізнавання ЛА пов'язана з використанням ЧЧМ [3] та синхронізованого одномодового багаточастотного випромінювання єдиного лазер-передача.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає в стійкому кутовому автосупроводженні ЛА при одноча-

сному 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, в разі необхідності, пошуку ЛА у заданій зоні і його розпізнавання.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу АСН, де: І - вимірювальний сигнал; ІІ - інформаційний сигнал; а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta v_M (3\Delta v_M)$ лазера-передача; 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 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу АСН.

На фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу АСН, які визначають полярність, де: а) - для визначення знаку «+»; б) - для визначення знаку «-».

На фіг. 5 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно ЛІВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку і розпізнавання ЛА містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутний 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.

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів та можливістю пошуку і розпізнавання ЛА полягає в наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-передача (Лп) 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 $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_M \dots N\Delta v_M$;

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

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

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

Водночас імпульсний лазерний сигнал (вимірювальний) частот міжмодових биттів Δv_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 ЛН живляться від керуючого елемента. Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот: $v_5, v_4 = \Delta v_M$, $v_9, v_7 = 2\Delta v_M$, $v_6, v_3 = 3\Delta v_M$, $v_8, v_2 = 6\Delta v_M$ 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 на частотах $9\Delta v_M \dots N\Delta v_{MN}$ проходить вдовж РСН (фіг. 2).

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 БІБ для обробки інформації, що приймається від ЛА та його розпізнавання;

по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів: $\Delta v_{Mвід}$, $2\Delta v_{Mвід}$, $3\Delta v_{Mвід}$, $6\Delta v_{Mвід}$.

При цьому, імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП Δv_M і РП $2\Delta v_M$ формують сигнал похибки по куту α , а РП $3\Delta v_M$ і РП $6\Delta v_M$ - по куту β .

Формування сигналу похибки по куту α полягає в наступному.

Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_M , перетвореного ФІ1 у «пачки» опорних імпульсів на частоті $\Delta v_{Mоп}$, надходить на схему «І». Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП $\Delta v_{Mвід}$ частоти міжмодових биттів $\Delta v_{Mвід}$ (фіг. 3, 4) детектується Дет у виді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазерного випромінювання і, після проходження Ф, перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів сканування

в імпульси (один імпульс за період сканування), надходить на тригер «1», перекидаючи його. У цей же час, виділений і посилений РП $2\Delta v_{Mвід}$ імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_{Mвід}$ детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється за таким же законом і, проходячи Ф, перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів коливань в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер «0», встановлюючи його у вихідний стан.

Задача виміру часового інтервалу із заданою точністю в схемі «І», полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми «І». У зв'язку з тим, що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається за часом, характерними значеннями сигналу, що 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 «І» регулюється проходження імпульсів у схемі «І» від ФІ1, тобто відбувається виділення «пачок» імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (фіг. 4, 5). Підраховані лічильником імпульси перетворюються ЦАП в аналоговий сигнал похибки з необхідним знаком, що змішується у ФНЧ з імпульсним сигналом від каналу кутових швидкостей ЛА (б) для уточнення похибки збігу по кутах. Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації. Отриманий сигнал, відфільтрований у ФНЧ і посилений підсилювачем сигналу похибки, відпрацьовується за допомогою виконавчого механізму (α), надходить від ПСП $_{\alpha}$ на вхід ЕЦОМ та виділяється в ній у вигляді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α .

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему «І» першим надходить імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $\Delta v_{Mвід}$, а на тригер надходить другим імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $2\Delta v_{Mвід}$ (фіг. 1, 4, 5). На схему «І» від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунка імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_M . 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 $2\Delta v_{Mвід}$, а другим - з каналу $\Delta v_{Mвід}$.

Визначення знаку «+» або «-», або сторони відхилення ЛА від РСН (фіг. 1; 4 а, б) полягає у наступному.

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 (фіг. 1, 4 а) від каналу $\Delta v_{Mвід}$ випереджає імпульс

2 каналу $2\Delta v_{\text{мвід}}$. Оскільки строб від тригера затримується 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. 4 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 $\Delta v_{\text{м}}$. Число імпульсів у лічильнику пропорційно куту відхилення а від РСН.

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

Виконавчі механізми $ВМ_{\alpha}$ 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, 5).

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) літального апарату від каналу кутових швидкостей використовується в БІБ для 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).

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

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

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель №48400, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. 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 - 10 с.

2. Патент на корисну модель №55501, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА. /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, Д.Г. Васильев та ін. - №u201008085; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. № 23. - 10 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 - №u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

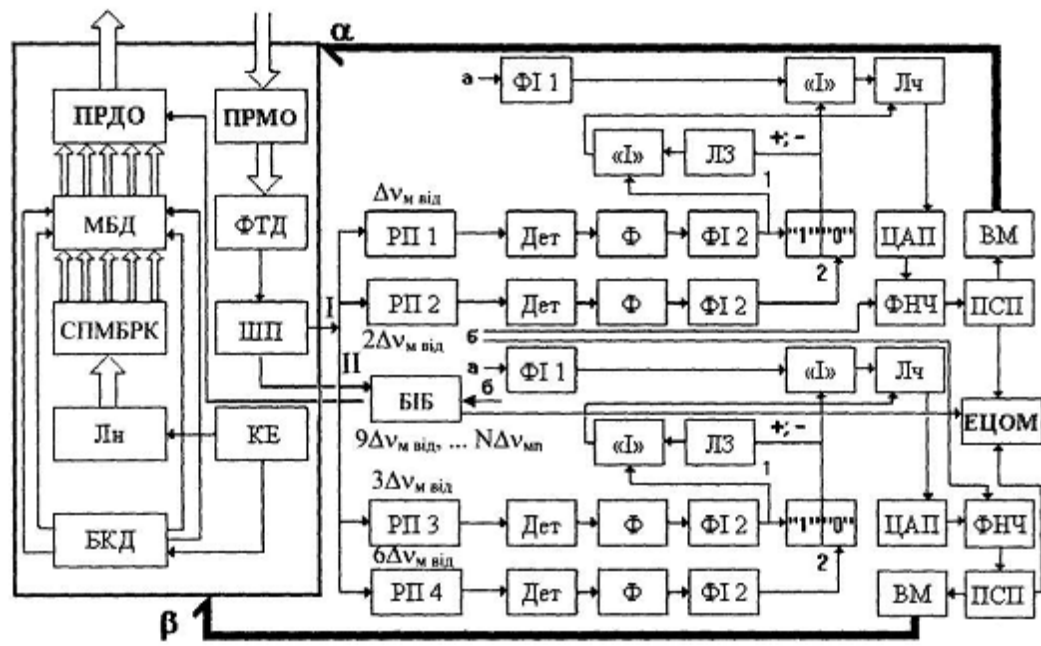


Fig. 1

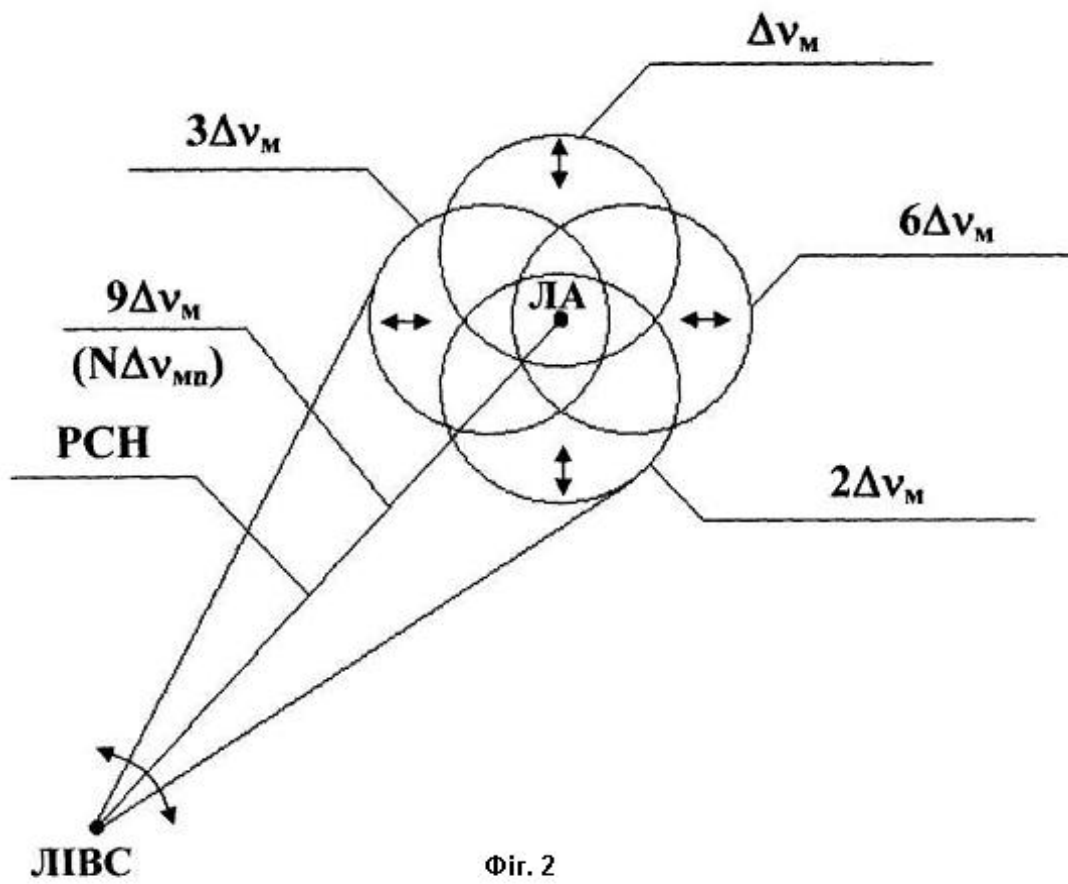


Fig. 2

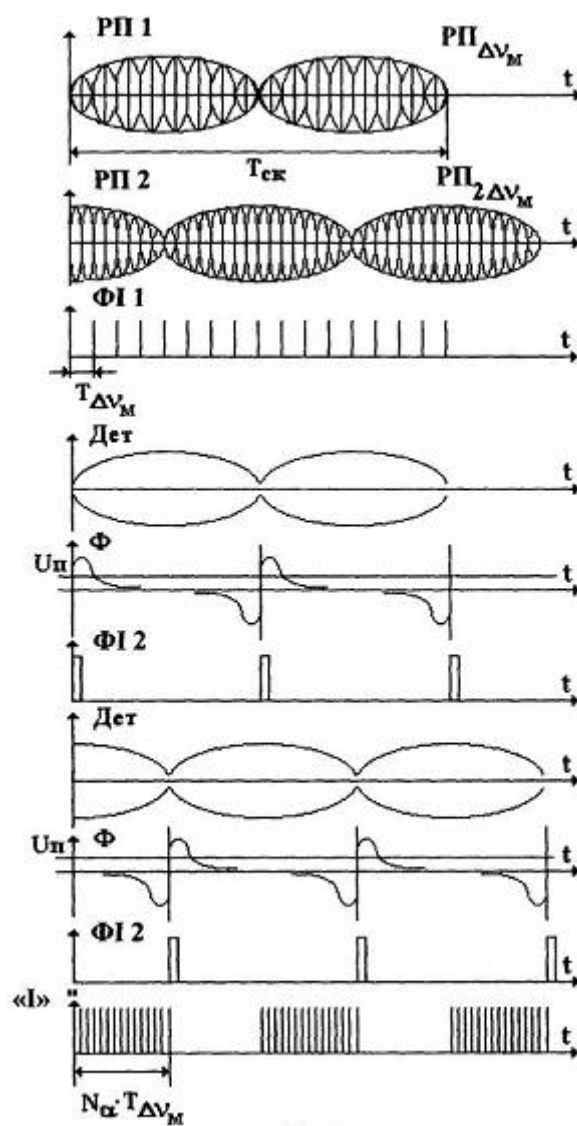
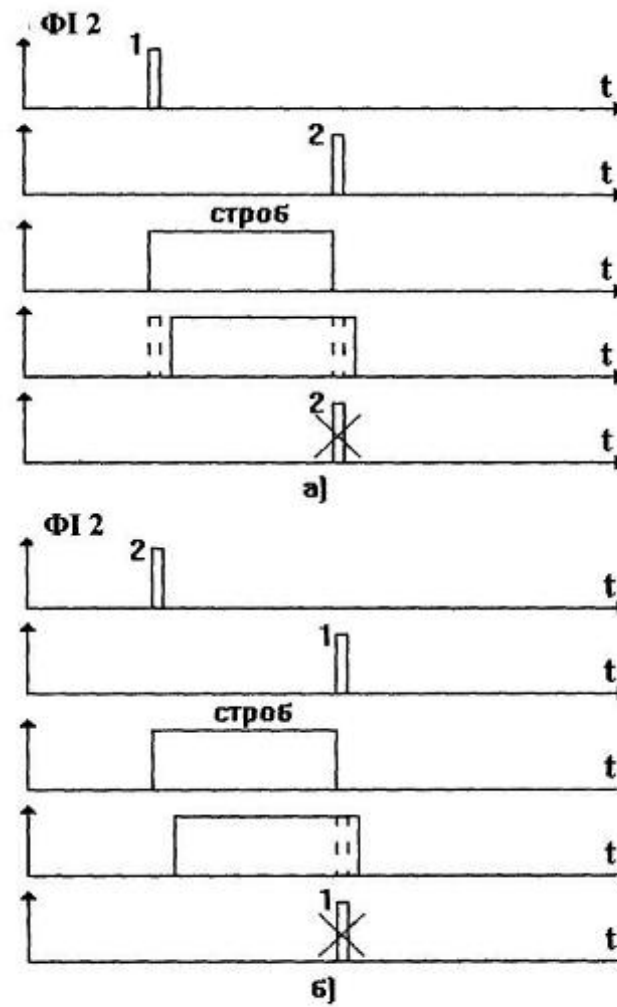
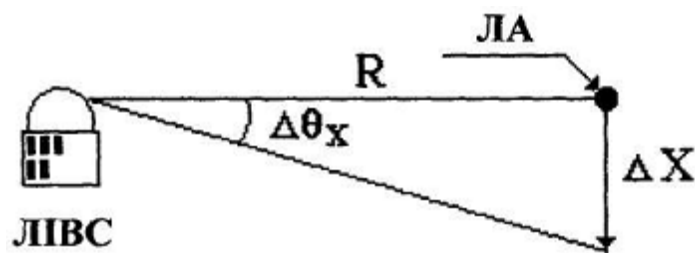


Fig. 3



Фиг. 4



Фиг. 5