



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 121595

(13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 06131**

(22) Дата подання заявки: **19.06.2017**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.12.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **11.12.2017, Бюл.№ 23**

(72) Винахідник(и):

Коломійцев Олексій Володимирович (UA),

Сачук Ігор Іванович (UA),

Альошин Геннадій Васильович (UA),

Бзот Володимир Броніславович (UA),

Воїнов Валерій Вікторович (UA),

Закіров Замір Забірович (UA),

Захаров Володимир Ігорович (UA),

Зверев Олексій Олексійович (UA),

Опенько Павло Вікторович (UA),

Шубін Євген Вікторович (UA)

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ

УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ

ІВАНА КОЖЕДУБА,

вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)

(54) КАНАЛ АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИМ МОДУЛЕМ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ОДНОПУНКТНОЇ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬО-ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

(57) Реферат:

Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, 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, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину (ЕОМ), апаратуру обміну даними, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей літального апарату, крім того додатково, після ЕОМ, введено апаратуру супутникових радіонавігаційних систем.

UA 121595 U

Запропонована корисна модель належить до галузі електрозв'язку і може бути використана для побудови передавальної частки мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань (СЗТВ).

Відомий "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів для мобільної суміщеної вимірювальної системи" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), модифікований блок дефлекторів (МБД), передавальну оптику (ПРДО), оптико-електронний модуль (ОЕМ), який складений з телевізійного та інфрачервоного каналів, приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), 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), виконавчі механізми (ВМ), електронну обчислювальну машину (ЕОМ), гіростабілізовану платформу (ГСП) та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей літального апарату (ЛА).

Недоліком відомого каналу є те, що він не здійснює обмін інформацією за радіоканалом.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип є "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, 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, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, апаратуру обміну даними (АОД), гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не здійснює оперативну високоточну навігацію.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань, який дозволить здійснювати пошук ЛА у заданій зоні за заданим законом сканування сумарною діаграмою спрямованості (ДС) лазерного випромінювання (ЛВ) у денний і нічний час доби, виявлення, стійке кутове автосупроводження при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута α і місця β у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, оперативні обробку, відображення, збереження і видачу споживачам інформації, яка отримана під час проведення випробувань ЛА та оперативну високоточну навігацію в будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час року і доби, за будь-якої погоди.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, 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, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину, апаратуру обміну даними, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА, додатково, після ЕОМ, введено апаратуру супутникових радіонавігаційних систем (АСРНС).

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу ЧЧМ [3] та ОЕМ.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у пошуку ЛА у денний і нічний час доби, виявленні, стійкому кутовому автосупроводженні при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута α і місця β , оперативних обробці, відображенні, збереженні і видачі споживачам інформації, яка отримана та високоточною навігації.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m ($3\Delta v_m$) від передавального лазера; б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей α' і β' ЛА; І - вимірювальний сигнал; ІІ - комбінований сигнал у видимому і інфрачервоному діапазонах.

5 На фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування сумарною ДС ЛВ у заданому куті і, окремо, 4-мя ДС ЛВ в ортогональних площинах.

На фіг. 3 приведені епюри напруг з виходів блоків каналу.

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

10 На фіг. 5 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно СЗТВ.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, селектор подовжніх мод 4, модифікований блок дефлекторів 5, передавальну оптику 6, оптико-електронний модуль 7, який складений з телевізійного та інфрачервоного каналів, приймальну оптику 8, фотодетектор 9, широкосмуговий підсилювач 10, резонансні підсилювачі 11, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори 12, фільтри 13, формувачі імпульсів (ФІ 1-14, ФІ 2-15), тригери ("1"|"0") 16, схеми "І" 17, лінії затримки 18, лічильники 19, цифро-аналогові перетворювачі 20, фільтри нижніх частот 21, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки 22, виконавчі механізми 23, електронну обчислювальну машину 24, апаратуру обміну даними 25, апаратуру супутникових радіонавігаційних систем 26, гіростабілізовану платформу 27 та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА.

25 Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань полягає у наступному.

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

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

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

35 Сигнал 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 ЛВ попарно зустрічно сканують МБД у кожній з двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лп живляться від керуючого елемента.

40 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 скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС ЛВ у кожній з двох ортогональних площин α і β або X і Y (фіг. 2).

45 Прийняті ПРМО від ЛА, відбиті в процесі сканування чотирьох ДС ЛВ, лазерні імпульсні сигнали і огинаючі сигнали ДС ЛВ за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різницеви частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП, вони розподіляються по РП, які настроєні на відповідні частоти Δv_m від, $2\Delta v_m$ від, $3\Delta v_m$ від, $6\Delta v_m$ від.

Імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП Δv_m від і РП $2\Delta v_m$ від, формують сигнал похибки по куту α , а РП $3\Delta v_m$ від і РП $6\Delta v_m$ від - по куту β .

Формування сигналу похибки по куту α полягає у наступному.

50 Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_m , перетвореного ФІ1 у "пачки" опорних імпульсів на частоті $\Delta v_{m оп}$, надходить на схему "І".

Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП Δv_m від частоти міжмодових биттів Δv_m від детектується Дет у вигляді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС ЛВ і, після проходження Ф, перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів сканування в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер "1", перекидаючи його (фіг. 3, 4).

55 У цей же час, виділений і посилений РП2 Δv_m від імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_m$ від детектується, виділяючи огинаючу сигналу, яка 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 Тр "0", встановлюючи його у вихідний стан.

Задача вимірювання часового інтервалу в схемі "І" із заданою точністю 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 початок і кінець відліку часового інтервалу є граничне значення U_n (порогове значення напруги) (фіг. 3).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю T_r 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 Лч імпульси перетворюються ЦАП в аналоговий сигнал похибки з необхідним знаком, що змішується у ФНЧ з імпульсним сигналом від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА (б) для уточнення похибки збігу по кутах.

Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу вимірювання кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації.

Отриманий сигнал, відфільтрований у ФНЧ і підсилений ПСП, відпрацьовується за допомогою ВМ (α), надходить від ПСП $_{\alpha}$ на вхід ЕОМ 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 Δv_m від, а на T_r надходить другим імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $2 \Delta v_m$ від (фіг. 1, 3-5). На схему "І" від T_r подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунку імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_m .

Оскільки тривалість строба залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, спрацьовує схема 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 каналу Δv_m від.

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

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 від каналу Δv_m від випереджає імпульс 2 каналу $2 \Delta v_m$ від (фіг. 1, 4 а). Оскільки строб від T_r затримується на час, що перевищує тривалість імпульсу 1 (або 2), то схема збігів "І" 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, то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом (фіг. 4 б). Схема "І" спрацьовує і змінює знак ("-" або полярність) напруги сигналу похибки по куту α . Імпульс зі схеми "І" подається на знаковий розряд Лч імпульсів з частотою Δv_m . Число імпульсів у Лч пропорційно куту відхилення α 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, що пропонується, тобто на РСН сумарної ДС ЛВ.

Гіростабілізована платформа забезпечує дотримання просторової стабілізації платформи каналу, на якій розміщена суміщена приймально-передавальна апаратура та ВМ по кутах азимута α і місця β .

Оптико-електронний модуль постійно здійснює у денних і нічних умовах у видимому та інфрачервоному діапазонах спостереження за ЛА, який супроводжується.

Відображення інформації, що приймається (передається) від ЛА, об'єктивний контроль та обробка (вимірювання) кутів азимута α і місця β відбувається в ЕОМ.

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

Підвищення швидкості обробки інформації, яка надходить на ЕОМ, здійснюється за рахунок використання технології синтезу часу параметризованих паралельних програм.

В разі необхідності виявлення ЛА під час його пошуку, груповий сигнал, який складений з частот міжмодових биттів, за допомогою МБД сканується сумарною ДС ЛВ у заданій зоні за заданим законом сканування, де кут та напрямок відхилення ДС ЛВ задається БКД (фіг. 1, 2).

Видача споживачам інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА та отримання додаткової інформації від керівництва здійснюється за допомогою апаратури обміну даними за радіоканалом.

Апаратура супутникових радіонавігаційних систем забезпечує можливість в будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час року і доби, за будь-якої погоди визначити (уточнити) параметри СЗТВ - три координати і три складові вектора швидкості.

Формування сумарної ДС ЛВ та 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:

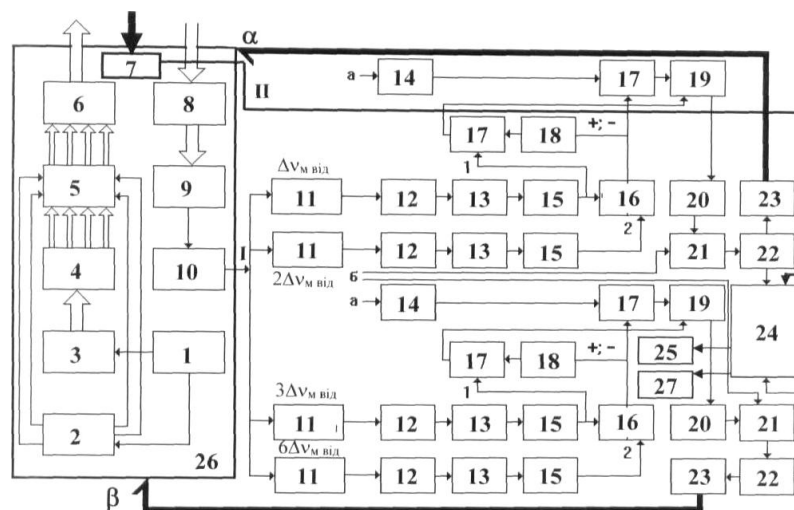
1. Патент на корисну модель № 102349, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів для мобільної суміщеної вимірювальної системи / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201504056; заяв. 27.04.2015; опубл. 26.10.2015; Бюл. № 20. - 6 с.

2. Патент на корисну модель № 112370, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Альошин та ін. - № u201607040; заяв. 29.06.2016; опубл. 12.12.2016; Бюл. № 23. - 9 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.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, 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, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину (ЕОМ), апаратуру обміну даними, гіростабілізовану платформу та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_M від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей літального апарату, який **відрізняється** тим, що додатково, після ЕОМ, введено апаратуру супутникових радіонавігаційних систем.



Фіг. 1

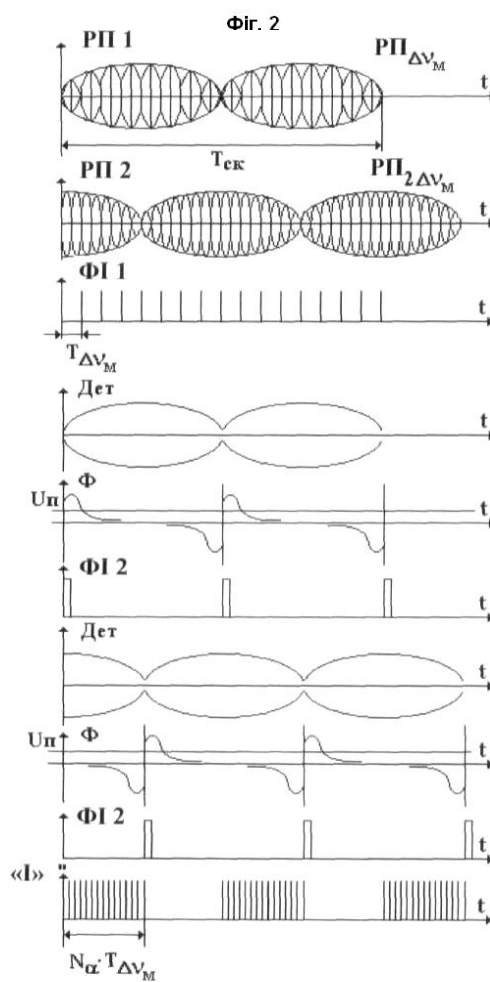
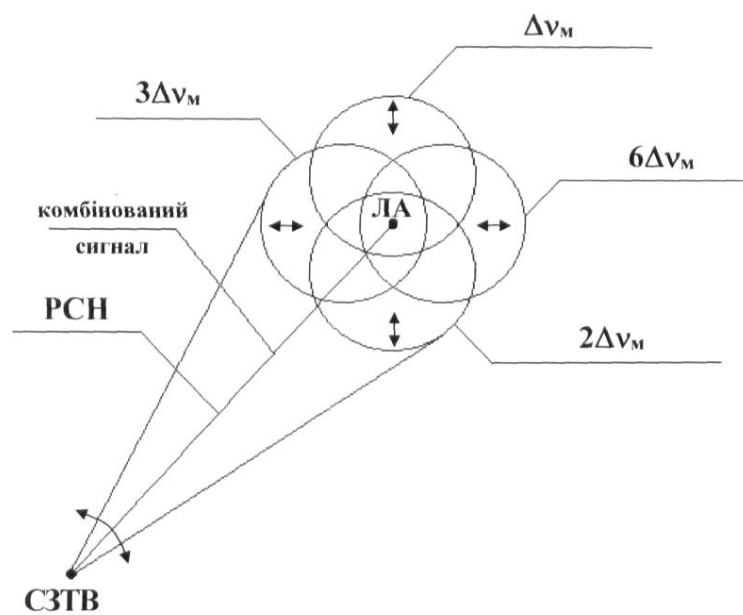
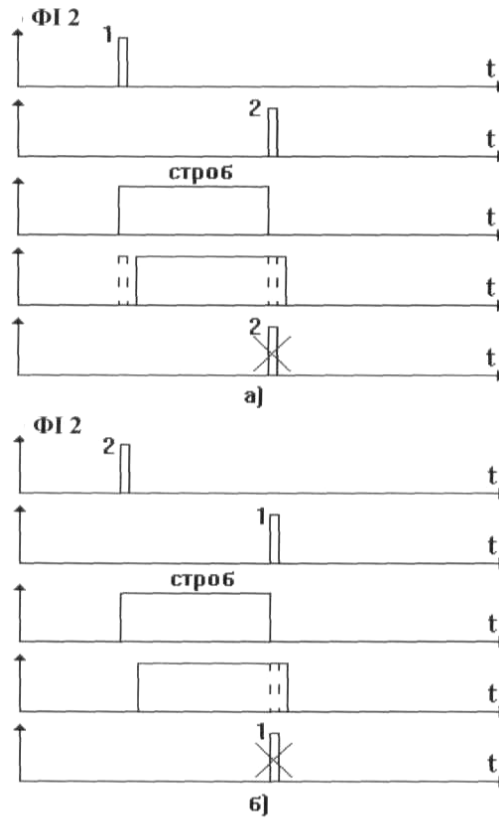
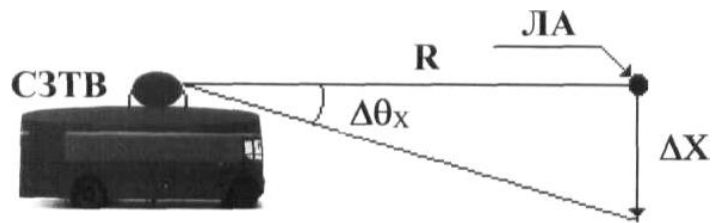


Fig. 3



Фіг. 4



Фіг. 5