

Запропонована корисна модель належить до галузі електрозв'язку і може бути використана для побудови мобільної однопунктної вимірювальної системи (МОВС).

Відомий "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування та обробки зображення ЛА для ЛВС" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), модифікований селектор подовжніх мод (МСПМ), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ТИП), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, детектори (Дет), фільтри (Ф), формувачі імпульсів (ФІ), тригери (Тр) ("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), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ), блок формування зображення (БФЗ) та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей літального апарата (ЛА).

Недоліками відомого каналу є те, що він не забезпечує збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА.

Найбільш близьким аналогом до запропонованої корисної моделі є "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування та обробки зображення ЛА для ЛВС полігонного випробувального комплексу" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, 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), блок формування зображення та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА.

Недоліком каналу найближчого аналога є те, що він не може проводити зовнішньо-траєкторні вимірювання і пошук ЛА у несприятливих умовах та не забезпечує кібербезпеку інформації, що отримана.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування і обробки їх зображення та кібернетичним захистом інформації, який дозволить здійснювати виявлення ЛА, його захват, стійке кутове автоматичне супроводження, високоточне вимірювання кутів азимута а і місця (З у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, у будь-який час року і доби, за будь-якої погоди, збереження і захист інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формувати і обробляти його зображення).

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-найближчий аналог, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, блок формування зображення, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, 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 та а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА, згідно з корисною моделлю, введено спеціалізовану електронну обчислювальну машину та додатково введено радіолокаційний модуль (РЛМ), який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад.

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування і обробки їх зображення та кібернетичним захистом інформації пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу вимірювання [3] та РЛМ.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у виявленні ЛА, його захваті, стійкому кутовому автоматичному супроводженні, високоточному вимірюванні кутів азимута і місця у широкому діапазоні дальностей, у будь-який час року і доби, за будь-якої погоди, збереженні і захисті інформації, що оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формуванні і обробці його зображення.

На Фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: а - введення опорного сигналу з частотою $\Delta\nu_m$ ($3\Delta\nu_m$) від лазера-передавача; б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей (α' і β') ЛА; І - для визначення вимірювальної інформації; ІІ - для визначення зображення ЛА та ІІІ - для виявлення ЛА та його захвату на автоматичне супроводження.

На Фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РЧН) та сканування 4-мя діаграмами

спрямованості (ДС) лазерного випромінювання (ЛВ) у ортогональних площинах.

На Фіг. 3 приведено створення лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації.

На Фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу.

На Фіг. 5 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу, які визначають полярність, де: а) - для визначення знаку "+"; б) - для визначення знаку "-".

На Фіг. 6 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно МОВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування і обробки їх зображення та кібернетичним захистом інформації містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, модифікований селектор подовжніх мод 4, блок дефлекторів 5, передавальну оптику 6, радіолокаційний модуль 7, який складений з антени, приймально-передавальної апаратури і апаратури захисту від завад, приймальну оптику 8, фотодетектор 9, широкопasmовий підсилювач 10, резонансні підсилювачі 11, настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів, 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, спеціалізовану електронну обчислювальну машину 24, блок формування зображення 25 та а - введення опорного сигналу з частотою Δv_m від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових швидкостей ЛА.

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування і обробки їх зображення та кібернетичним захистом інформації полягає у наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера-передавача (Лп) за допомогою МСПМ виділяються необхідні пари частот і окремі частоти 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 бітів)

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

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

- лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з подовжньої моди v_n (в подальшому v_{n1}, v_{n2}).

За допомогою МСПМ та БФЗ створюється лазерний сигнал з просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення ЛВ (несучої частоти) на два променя з поворотом площини поляризації на кут 90° в одному з них (Фіг. 3).

При цьому, випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній площині UOV рознесені на відстані r . Різність ходу пучків до картинної площини ЛА XOY змінюється вздовж осі X від точки до точки. Обумовлена цією різницею фаз між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки.

Залежно від різності фаз 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 r та відстанню до картинної площини R . Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано за гармонійним законом з коефіцієнтом модуляції, дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, у даній ділянці поверхні ЛА.

Сигнал частот міжмодових бітів $\Delta v_m, 2\Delta v_m, 3\Delta v_m$ та $6\Delta v_m$ надходить на БД, що складається з 4-х п'єзoeлектричних дефлекторів. Парціальні ДС ЛВ попарно зустрічно сканують БД у кожній з двох ортогональних площин (Фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лп живляться від КЕ.

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 у скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС ЛВ у кожній з двох ортогональних площин α і β (X і Y). При цьому, лазерний сигнал з просторовою модуляцією поляризації (v_{n1} та v_{n2}) і радіолокаційний сигнал РЛМ проходять вдовж РСН (Фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА, відбиті у процесі сканування чотирьох ДС ЛВ, лазерні імпульсні сигнали і огинаючі сигнали ДС ЛВ, за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різницевиих частотах міжмодових бітів.

Підсилені ШП вони розподіляються:

- у БФЗ для обробки відбитого лазерного сигналу з просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від поверхні ЛА;

- по РП, що настроєні на відповідні частоти міжмодових бітів 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 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 .

При відбитті лазерного сигналу з 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 за зміною контрасту модуляційної структури зображення несе також інформацію про типи матеріалів у складі поверхні ЛА, їх характеристики і тощо, яка відображається у СЕОМ. Тому, у БФЗ здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Формування сигналу похибки по куту α полягає у наступному.

Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_m , перетвореного ФІ1 у "пачки" опорних імпульсів на частоті Δv_m оп, надходить на схему "І". Виділений і підсилений імпульсний сигнал з РП Δv_m від частоти міжмодових бітів Δv_m від (Фіг. 4, 5) 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 у імпульси (один імпульс за період сканування), надходить на Тр "1", перекидуючи його.

У цей же час, виділений і посилений РП $2\Delta v_m$ від імпульсний сигнал частоти міжмодових бітів $2\Delta v_m$ від детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється за таким же законом і, проходячи Ф, перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів коливань у імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на Тр "0", встановлюючи його у вихідний стан.

Задача вимірювання часового інтервалу із заданою точністю у схемі "І" полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу за визначеними характеристиками 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. 5).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю Тр схеми "І" регулюється проходження імпульсів у схемі "І" від ФІ1, тобто відбувається виділення "пачок" імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (Фіг. 5, 6).

Підраховані Лч імпульси перетворюються ЦАП у 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 врахування цієї інформації у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації.

Відфільтрований у ФНЧ і підсилений ПСП, отриманий сигнал відпрацьовується за допомогою ВМ (а), надходить від ПСП $_{\alpha}$ на вхід СЕОМ та виділяється у ній у вигляді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α .

За умови, якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему "І" першим надходить імпульс з ФІ2 міжмодової частоти Δv_m від, а на Тр надходить другим імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $2\Delta v_m$ від (Фіг. 1, 4-6). На схему "І" від Тр подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН.

Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунку імпульсів частоти міжмодових бітів 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 "-").

За умови, 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 (фіг. 1; 5 а, б) полягає у наступному.

За умови, якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 (фіг. 1,5а) від каналу Δv_m від випереджає імпульс 2 каналу $2\Delta v_m$ від. Оскільки строб від Тр затримується на час, що перевищує тривалість імпульсу 1 (або 2), то схема збігів "І" не спрацьовує тому, що імпульс 1 не збігається у часі з даним стробом. Знак сигналу похибки по куту α залишається позитивним ("+").

За умови, якщо ЛА знаходиться нижче РСН (Фіг. 5 б), то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом. 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 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 запропонованого каналу, тобто на РСН сумарної ДС ЛВ (Фіг. 2, 6).

За несприятливими погодними умовами (дощ, сніг і тощо) захоплення (захват) РЛМ на супроводження ЛА починається шляхом перегляду області простору, де він знаходиться. Супроводження РЛМ триває до тих пір, поки не перейде на автоматичне супроводження сумарною ДС ЛВ. Інформація від РЛМ поступає на СЕОМ.

Відображення та обробка вимірювальної інформації про кути азимута α і міста β відбувається у СЕОМ.

Для збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА, у пам'яті СЕОМ 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 поступає на СЕОМ здійснюється за рахунок використання технології синтезу часу параметризованих паралельних програм.

Комплексна програмно-технічна система захисту інформації (даних) у СЕОМ забезпечує уникнення ризиків витоку відомостей, що становлять закриту інформацію (захист від потенційних кібератак та незаконного заволодіння сторонніми особами).

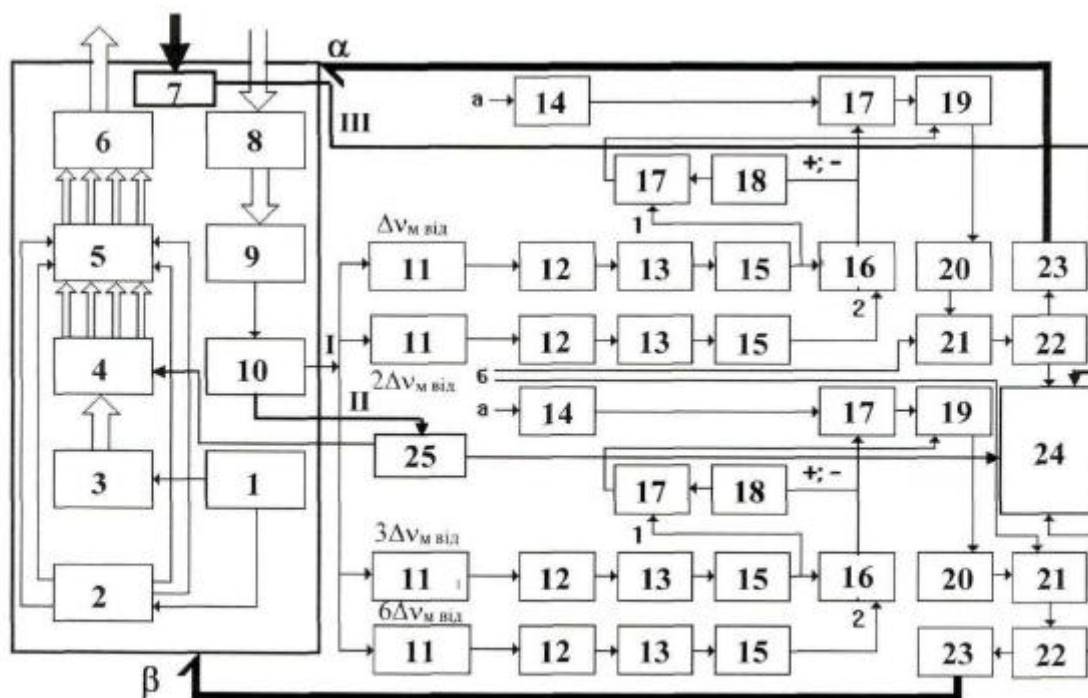
Формування ДС лазерного випромінювання і створення РСН пов'язано із задоволенням жорстких вимог, що пред'являються до спектра випромінювання одномодового багаточастотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових бітів.

Джерела інформації:

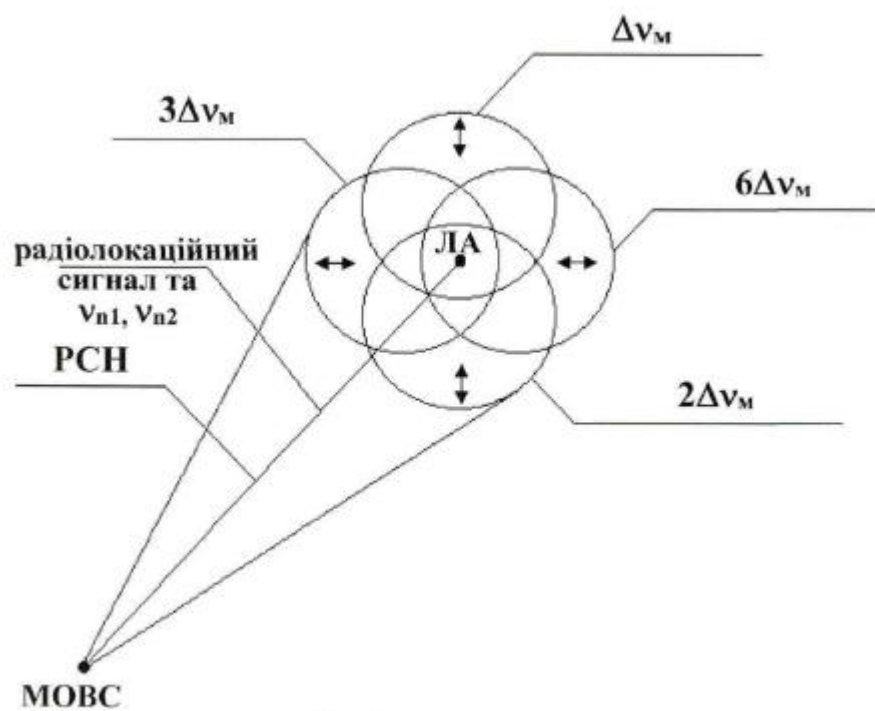
1. Патент на корисну модель №52159, Україна, МПК G01S 17/42, G01S17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування та обробки зображення ЛА для ЛВС /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, Д.Г. Васильєв та ін. - № u201003659; заяв. 30.03.2010; опубл. 10.08.2010; Бюл. № 15. - 10 с

2. Патент на корисну модель №75330, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю формування та обробки зображення ЛА для ЛВС полігонного випробувального комплексу /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, Д.Г. Васильєв та ін. - №u201206417; заяв. 28.05.2012; опубл. 26.11.2012; Бюл. № 22. - 8 с

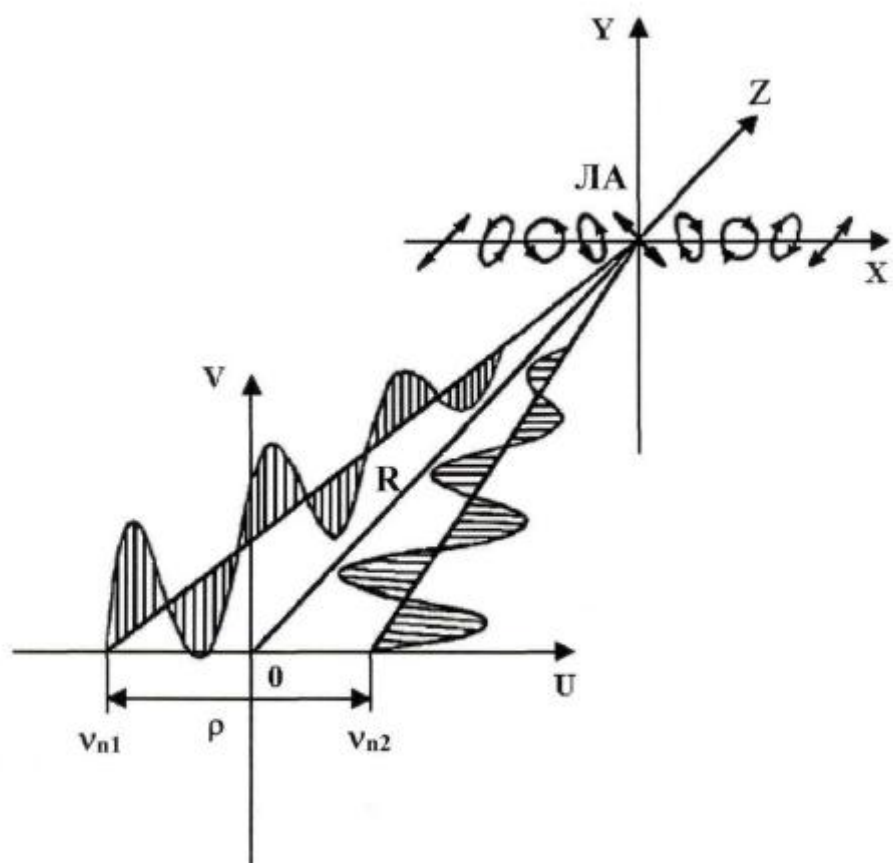
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01S 17/42, G01S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарата /О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с



Фиг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3

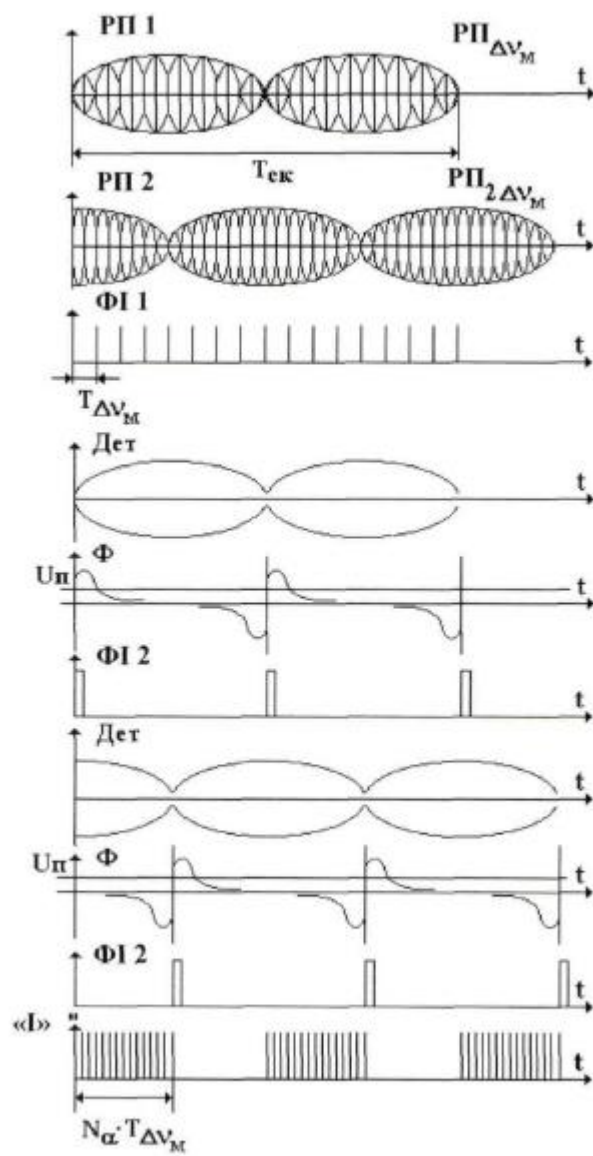


Fig. 4

