



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61879 (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 РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ І МБД ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201104764

(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 АНДРІЇВНА, ПЄВЦОВ ГЕННАДІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкопосмуго-

вий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, схему "I", лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta\nu_{\text{п}}$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' літального апарата (ЛА) та  $6\Delta\nu_{\text{м}}$  - введення опорної частоти ( $6\Delta\nu_{\text{моп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК), 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 електров'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 вимірювання радіальної швидкості 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), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), широкопосмуговий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (ФІ), схему "I" ("I"), лічильник (Лч), змішувачі (ЗМ), фільтр (Ф), форму-

вач мірних імпульсів (ФМІ), дешифратор (ДШ), фазову автопідстройку частоти (ФАПЧ) на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор (КГ), опорний генератор (ОГ) з частотою підставки  $\Delta\nu_{\text{п}}$ , електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ), блок відображення вимірювальної інформації (БВІ) про радіальну швидкість R' літального апарату (ЛА) та  $6\Delta\nu_{\text{м}}$  - введення опорної частоти ( $6\Delta\nu_{\text{моп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК).

Недоліком відомого каналу є те, що він не може розпізнавати ЛА.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є "Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА" [2], який містить

(13) U

(11) 61879

(19) UA

керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод з багаточастотним розділенням каналів, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий 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, формувачі імпульсів, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість  $R'$  ЛА та  $6\Delta v_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{\text{мон}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК).

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не використовує лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах  $\nu_{n1}$  та  $\nu_{n2}$  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 радіальної швидкості літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання радіальної швидкості ЛА у широкому діапазоні дальностей, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на частотах міжмодових биттів  $9\Delta v_m \dots N\Delta v_{\text{мн}}$  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, ширококутовий 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, формувачі імпульсів, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислювальну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість  $R'$

ЛА та  $6\Delta v_m$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{\text{мон}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК) додатково після СПМБРК замість БД введено модифікований блок дефлекторів (МБД) та після ШП замість БІБ введено інформаційний блок з розширеними можливостями (ІБРМ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Побудова каналу вимірювання радіальної швидкості 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 радіальної швидкості  $R'$  ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, багатоканальний (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) ЛА, що виміряна.

На Фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема реалізації стежучого принципу вимірювання; II - структурна схема вимірювання радіальної швидкості ЛА.

На Фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РЧН) 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.

Запропонований канал вимірювання радіальної швидкості 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, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий 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, формувачі імпульсів, схему „і”, лічильник, змішувачі, фільтр, формувач мірних імпульсів, дешифратор, фазову автопідстройку частоти на частоті міжмодових биттів, керуючий генератор, опорний генератор з частотою підставки  $\Delta v_n$ , електронно-цифрову обчислюва-

лну машину, блок відображення вимірювальної інформації про радіальну швидкість R' ЛА та  $6\Delta v_M$  - введення опорної частоти ( $6\Delta v_{\text{моп}}$ ) від передавального лазера (Лн + СПМБРК).

Робота запропонованого каналу полягає в наступному (Фіг. 1-3).

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 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 різницевих частот міжмодових биттів

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

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

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  $\Delta v_q$ . Різниця ходу пучків до картинної площині ЛА  $XOY$  змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різниця 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  $\Delta v_q$  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 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  $\alpha$  і  $\beta$  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. 3).

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 різницевих частотах 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:  $\Delta v_{\text{Мвід}}, 2\Delta v_{\text{Мвід}}, 3\Delta v_{\text{Мвід}}, 6\Delta v_{\text{Мвід}}$ .

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, які надходять з РП 4 (РП6  $\Delta v_M$ ) формують сигнал для визначення радіальної швидкості R' ЛА, а РП1 (РП  $\Delta v_M$ ), РП2 (РП2  $\Delta v_M$ ) і РП3 (РП3  $\Delta v_M$ ) - для інших 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.

Принцип вимірювання радіальної швидкості R' ЛА полягає в наступному (Фіг. 1,2). На перший змішувач (ЗМ1) від РП 4 (РП6  $\Delta v_M$ ) подається сигнал із частотою  $6\Delta v_{\text{Мвід}}$ , який змішується через зворотній зв'язок зі сумішшю частот  $6\Delta v_{\text{Мвід}} + v_{\text{мп}}$  від КГ та фільтрується. У ФАПЧ на частоті міжмодових биттів цей сигнал змішується з частотою  $v_p$  від ОГ. Отриманий сигнал з частотою  $\Delta v_r$  з виходу А керуючого генератора подається на вхід дру-

ного змішувача (ЗМ2), де змішується з опорною частотою  $6\Delta v_M$ .

Сигнал різницевої частоти  $6\Delta v_{M \text{ від}} - (\Delta v_M - v_{Mn})$ , отриманий з виходу Ф2, через Ф1, надходить на схему "І". На лічильник проходить пачка імпульсів, обумовлена мірним інтервалом від ФМ1. Виділена дешифратором кількість рахункових імпульсів, яка пропорційна частоті  $v_{M \text{ допл}}$ , перетворюється в ЕЦОМ у цифро аналоговий сигнал, що у цифровому вигляді відображає радіальну швидкість ЛА на цифровому табло блоку відображення інформації.

Вимірювальна інформація про тангенціальну складову швидкості (кутові швидкості) ЛА від каналу 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. Кількість інформаційних каналів (N) залежить від кількості комбінацій парних мод (несучих частот  $v_n$ ), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

В разі необхідності виявлення ЛА у заданій точці простору, груповий сигнал, який складений із

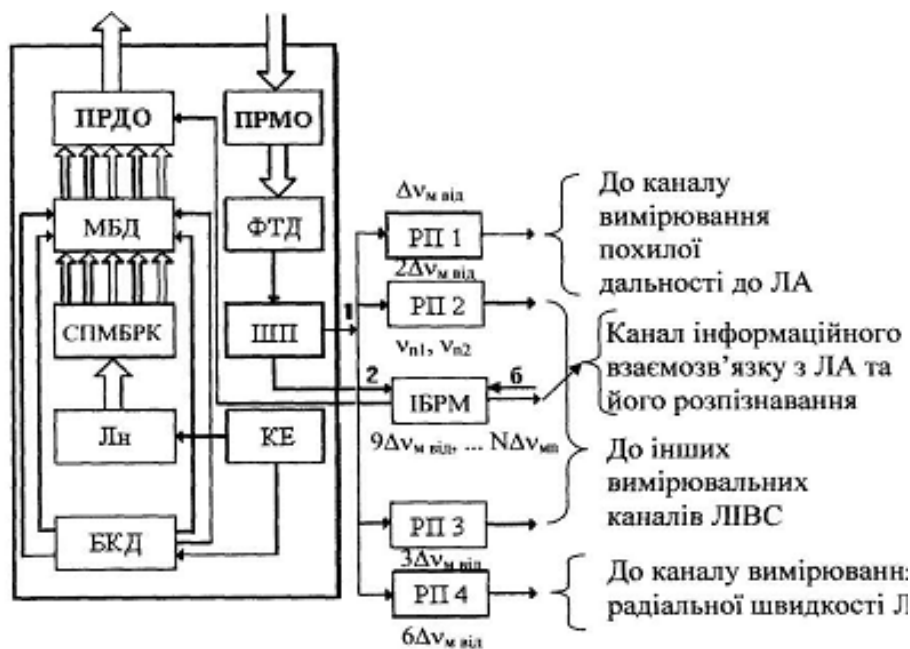
частот міжмодових биттів і несучих частот  $v_n$ , сканується у вигляді сумарної ДС за допомогою модифікованого блоку дефлекторів, де кут та напрямок відхилення сумарної ДС задається БКД (Фіг. 1,3).

Джерела інформації:

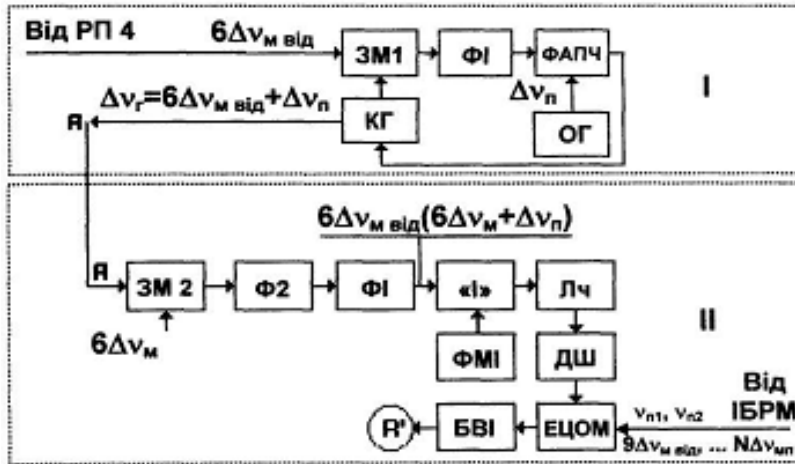
1. Патент на корисну модель №48401, Україна, МПК G01S17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. / О.В.Коломійцев, В.В.Белімов, Д.Г.Васильєв та ін. - №u200911401; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. №5-10с.

2. Патент на корисну модель № 55503, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА. / О.В.Коломійцев, Г.В.Альошин, Д.Г.Васильєв та ін. - №u201008910; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. №23-10с.

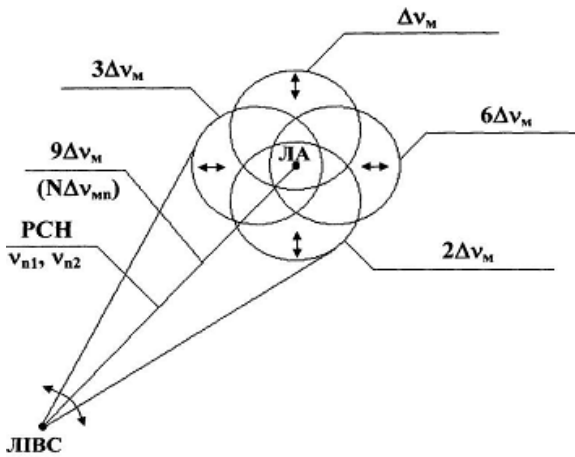
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В.Коломійцев - №u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. №24.-14с.



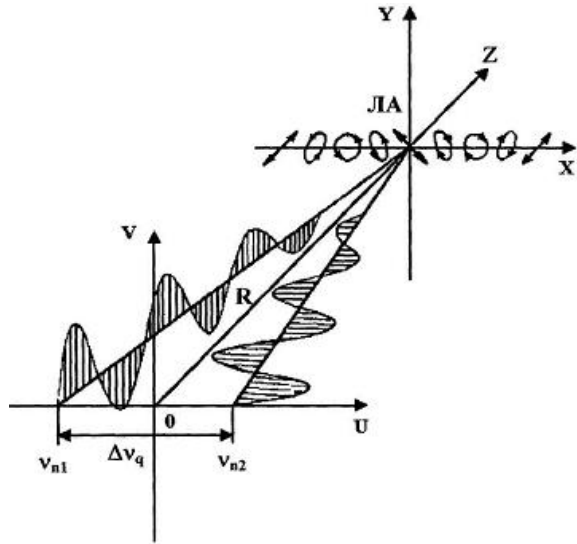
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4