



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61884 (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 КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТ МІЖМОДОВИХ БИТТІВ І МБД ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ**

1

2

(21) u201105024

(22) 20.04.2011

(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 вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор по-

довжніх мод з багаточастотним розділенням каналів (СПМБРК), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутний підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми "i", реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера, 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) літального апарата, що виміряна.

Запропонована корисна модель належить до галузі електровз'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 кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів" [2], 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), ширококутний підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів (Фі), тригери „1”|„0”, схеми „i” (”I”), резонансні лічильники (РЛч), схеми порівняння (СП), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  - введення опорних

сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера.

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

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є "Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів 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, ширококутний підсилювач, багатфункціональний інформаційний блок (БІБ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, для інформаційного взаємозв'язку з ЛА і його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери „1”|„0”, схеми „i”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-

(13) U

(11) 61884

(19) UA

цифрову обчислювальну машину,  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера.

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 вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів і МБД та розширеними можливостями, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання кутових швидкостей (прискорення  $\alpha'$  і  $\beta'$ ) ЛА, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на частотах міжмодових биттів  $9\Delta v_{m\text{ оп}}$  ...  $N\Delta v_{m\text{ оп}}$  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 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, багатфункціональний інформаційний блок із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна, для інформаційного взаємозв'язку з ЛА і його розпізнавання, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери „1”„0”, схеми „і”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину,  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера 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 кутових швидкостей 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 кутової швидкості (прискорення  $\alpha''$  і  $\beta''$ ) ЛА 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, де: 1 - вимірвальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації;  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  ... - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера; б - введення сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

На Фіг.2 приведено створення рівносигнального напрямку (РН) 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 пропонуємого каналу.

Запропонований канал вимірювання кутових швидкостей 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, широкопasmовий 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, тригери „1”„0”, схеми „і”, реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину,  $\Delta v_{m\text{ оп}}$  - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ( $\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $2\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $3\Delta v_{m\text{ оп}}$ ,  $6\Delta v_{m\text{ оп}}$ ) від передавального лазера.

Робота запропонованого каналу 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  $\Delta v_{101}=v_{10}-v_1=9\Delta v_{m\text{ оп}}$ , ...  $N\Delta v_{m\text{ оп}}$ );

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

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

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

Груповий лазерний сигнал, який складений із частот міжмодових биттів  $N\Delta v_{m\text{ оп}}$ , 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 модуля-

цією 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  $\Delta v_q$ . Різниця ходу пучків до картинної площини ЛА ХОУ змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цією різницею фаз (амплітуд) між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки. В залежності від різниці фаз (амплітуд) у картинній площині змінюється вигляд поляризації сумарного поля сигналу, що зондує від лінійної через еліптичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної і початкової і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами  $\Delta v_q$  та відстанню до картинної площини 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 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  $9\Delta v_m \dots N\Delta v_m$  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 огинаючи сигнали ДС лазерного випромінювання, відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, за допомогою фотодетектора перетворюються в електричні імпульсні сигнали на несучих частотах і різницеви 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:  $\Delta v_m$  від,  $2\Delta v_m$  від,  $3\Delta v_m$  від,  $6\Delta v_m$  від.

При цьому, імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП1 і РП2 (РП $\Delta v_m$  від і РП $2\Delta v_m$  від) формують сигнал прискорення  $\alpha$ ', а РП3 і РП4 (РП $3\Delta v_m$  від і РП $6\Delta v_m$  від) - прискорення  $\beta$ '.

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 за зміни 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 прискорення  $\alpha$ ' полягає у наступному. Виділені імпульси ФІ 1 першої І лінії від опорної частоти  $\Delta v_m$  оп, надходять на РЛч 1 (Фіг.3). У цей же час відбитий від ЛА оптичний сигнал частоти міжмодових биттів, який перетворюється ФТД у радіочастоту міжмодових биттів  $\Delta v_m$  від, змінюється по закону руху ДС лазерного випромінювання, перетворюється у другій лінії ІІ ФІ 2 у точках переходів півперіодів сканування в імпульси (один імпульс за півперіод сканування), надходить на тригер "1" та запускає його першим імпульсом. Перший імпульс, який надходить від тригера відкриває РЛч для рахування імпульсів від ФІ 1 і схему "I" для перезапису на схему порівняння. Другий імпульс від тригера надходить на реверсивний вхід того ж РЛч, який здійснює зворотній рахунок імпульсів, які надходять через нього. Третій та наступні імпульси, надходять на тригер і роблять аналогічні дії першому. Другий імпульс не надходить на схему "I", а третій імпульс, як і перший, надходить на ФІ 3, схему "I", пропускає різницю ступеня на схему порівняння і т.д. В РЛч записується число імпульсів порівняно різниці подовженого та покорошеного півперіоду сканування ДС. Півперіод сканування подовжується тоді, коли швидкість руху ЛА співпадає з швидкістю руху ДС лазерного випромінювання, а коли не співпадає - покорочується.

Формування сигналу прискорення  $\beta$ ' відбувається таким же чином, як для прискорення  $\alpha$ '. Отримання інформації про кутові швидкості (прискорення  $\alpha$ ' і  $\beta$ ') з її відображенням відбувається в ЕЦОМ.

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.

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 багаточас-

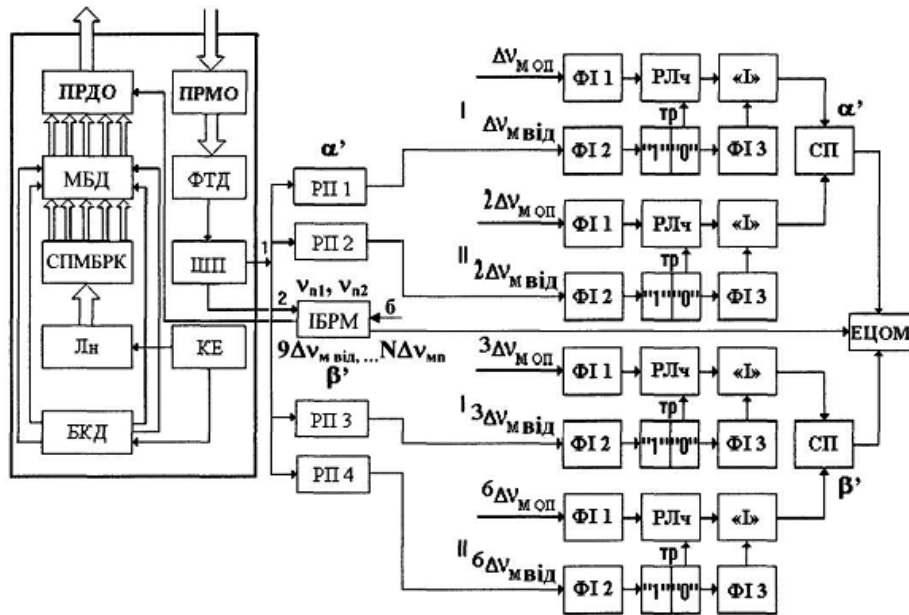
тотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів. Кількість інформаційних каналів (N) залежить від кількості комбінацій парних мод (несучих частот  $\nu_n$ ), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

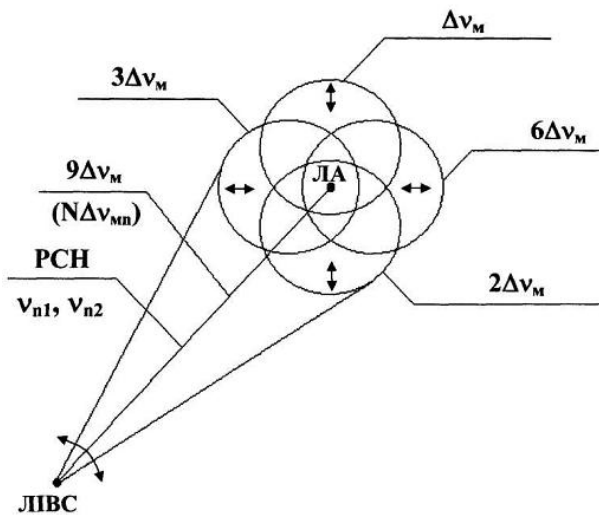
1. Патент на корисну модель №48402, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів. /О.В.Коломійцев, В.В.Белімов, Д. Г. Васильєв та ін. - №U200911402; заяв. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010; Бюл. №5-8с.

2. Патент на корисну модель №55508, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з використанням частот міжмодових биттів та можливістю розпізнавання ЛА. /О.В.Коломійцев, Г.В.Альошин, Д.Г.Васильєв та ін. - №u201008922; заяв. 16.07.2010; опубл. 10.12.2010; Бюл. №23.-8с.

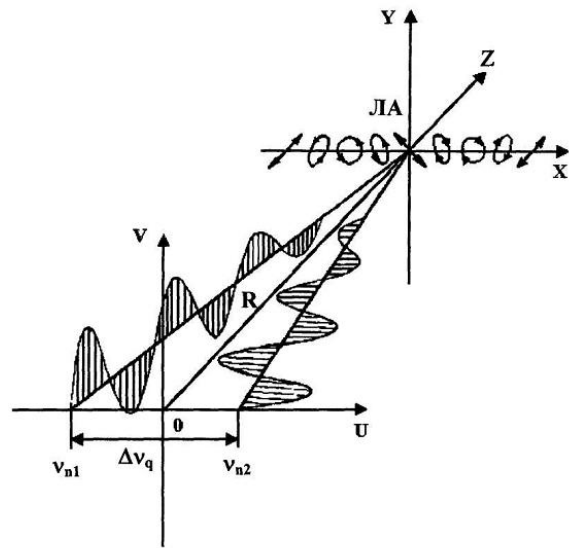
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. /О.В.Коломійцев - №u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. №24.-14с.



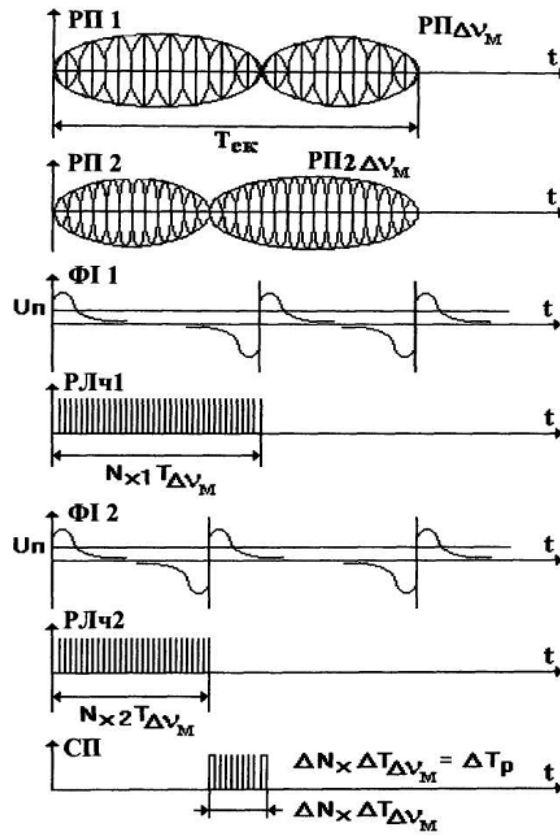
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4