



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114460

(13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 09259

(22) Дата подання заявки: 05.09.2016

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: 10.03.2017

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: 10.03.2017, Бюл.№ 5

(72) Винахідник(и):

Коломійцев Олексій Володимирович  
(UA),

Сачук Ігор Іванович (UA),

Пєвцов Геннадій Володимирович (UA),

Гриб Дмитро Анатолійович (UA),

Балабуха Олексій Сергійович (UA),

Зверєв Олексій Олексійович (UA),

Купрій Володимир Миколайович (UA),

Назаренко Світлана Анатоліївна (UA),

Подорожняк Андрій Олексійович (UA),

Скорін Юрій Іванович (UA)

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА

КОЖЕДУБА,

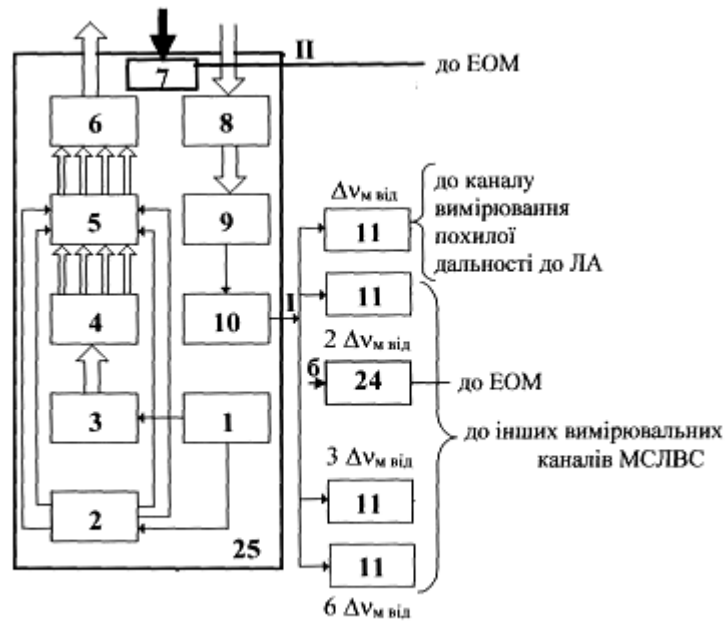
вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)

## (54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З МОЖЛИВІСТЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛА ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ СУМІЩЕНОЇ ЛАЗЕРНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

### (57) Реферат:

Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta\nu$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$  і  $2\Delta\nu_M$ , передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, ширококутовий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "І", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок розпізнавання, гіростабілізовану платформу та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей літального апарата. Додатково введено апаратуру обміну даними.

UA 114460 U



Фіг. 1

Корисна модель належить до електрозв'язку і може бути використана для побудови передавальної частки мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи (МСЛВС).

Відомий "Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для комбінованої лазерної системи" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$ , блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$  і  $2\Delta\nu_M$  ("П"), передавальну оптику (ПРДО), оптико-електронний модуль (ОЕМ), який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ПІП), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів (ФІ), тригер ("1"|"0"), схему "І" ("І"), лічильник (ЛЧ), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Д), диференційовану оптику (ДО), підсилювач (П), фільтр (Ф), диференційовані ланцюжки (ДЛ), випрямлячі (Вип), електронну обчислювальну машину (ЕОМ), блок розпізнавання (БР) та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей літального апарата (ЛА).

Недоліком відомого каналу є те, що він не забезпечує дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщується суміщена приймально-передавальна апаратура та виконавчі механізми (ВМ) по кутах азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$ .

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип є "Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної вимірювальної системи" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$  і  $2\Delta\nu_M$ , передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "І", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок розпізнавання, гіростабілізовану платформу (ГСП) та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей ЛА.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не здійснює обмін інформацією за радіоканалом з центральним командним пунктом (ЦКП).

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, який дозволить здійснювати високоточне вимірювання похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, об'єктивний контроль, розширення функціональних можливостей під час проведення випробувань ЛА у нічний час, збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА і її передачу до споживачів на ЦКП, дотримання просторової стабілізації платформи, на якій розміщуються суміщена приймально-передавальна апаратура і ВМ по кутах азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$  та, в разі необхідності, його розпізнавання.

Поставлена задача вирішується тим, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$  і  $2\Delta\nu_M$ , передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "І", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок розпізнавання, гіростабілізовану платформу та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей ЛА, додатково введено апаратуру обміну даними (АОД).

Побудова каналу вимірювання похилої дальності до ЛА з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи пов'язана з використанням одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача, частотно-часового методу (ЧЧМ) [3], ОЕМ та АОД.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у високоточному вимірюванні похилої дальності до ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, здійсненні об'єктивного контролю у денних і нічних умовах, збереженні і передачі обробленої інформації споживачам, забезпеченні

просторової стабілізації платформи, на якій розміщуються суміщена приймально-передавальна апаратура і виконавчі механізми та, в разі необхідності, розпізнаванні ЛА.

На фіг. 1 приведено передавальний бік узагальненої структурної схеми запропонованого каналу, де: б - введення сигналу від каналу вимірювання тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, I - вимірювальний сигнал; II - комбінований сигнал у видимому і інфрачервоному діапазонах.

На фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування 4-ма діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання в ортогональних площинах.

На фіг. 3 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків вимірювання похилої дальності до ЛА, де: а) від блока опорного лазерного сигналу; б) від блока відбитого лазерного сигналу.

Запропонований канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи містить керуючий елемент 1, блок керування дефлекторами 2, лазер з накачкою 3, селектор подовжніх мод 4, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta v_M$ , блок дефлекторів 5, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta v_M$  і  $2\Delta v_M$ , передавальну оптику 6, оптико-електронний модуль 7, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику 8, фотодетектори 9, широкосмуговий підсилювач 10, резонансні підсилювачі 11, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів 12, схему "і" 13, фільтр із заданою смугою пропускання 14, диференційований ланцюжок 15, випрямляч 16, тригер 17, детектор 18, диференційовану оптику 19, підсилювач 20, фільтр 21, лічильник 22 та електронну обчислювальну машину 23, блок розпізнавання 24, гіростабілізовану платформу 25, апаратуру обміну даними 26 та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей ЛА.

Робота запропонованого каналу вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи полягає у наступному.

Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера (Лн) за допомогою СПМ виділяються необхідні пари частот для створення рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки 4-м парціальним ДС, що частково перетинаються, за умови використання комбінацій подовжніх мод ("підфарбованих" різницевиими частотами міжмодових биттів):

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

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

Сигнал частот міжмодових биттів  $\Delta v_M$ ,  $2\Delta v_M$ ,  $3\Delta v_M$  та  $6\Delta v_M$  потрапляє на БД, який створений з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують БД у кожній з двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Лн 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 в скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній з двох ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або  $X$  і  $Y$ , при цьому формується РСН (фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА 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 різницевиих частотах міжмодових биттів. Підсилені ШП вони розподіляються 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 РП 1 (РП  $\Delta v_M$  від), формують сигнал про похилу дальність до ЛА, а РП2 (РП  $2\Delta v_M$  від), РП 3 (РП  $3\Delta v_M$  від) і РП 4 (РП  $6\Delta v_M$  від) - формують сигнали для інших вимірювальних каналів МСЛВС (фіг. 1).

Принцип роботи грубої шкали каналу вимірювання похилої дальності до ЛА полягає у наступному (фіг. 3, 4).

На боці, який передає. Виділена СПМ зі спектра випромінювання лазера-передавача перша пара частот  $V_{54}$  розщеплюється під дією розщеплювача (призми) на два оптичні сигнали:

1) основний - сканований БД під певним кутом (з часом  $T_{пр}$ , що задається від БКД), який проходить через перемикач (П) для виділення "бланкуючого" імпульсу (бланк - нуль) і розщеплювач, де відбувається виділення додаткового сигналу (2) та надходить на ПРДО і далі на ЛА;

2) додатковий (1) - перетворений ФТД в електричний імпульсний сигнал різницевої частота міжмодового биття  $\Delta v_M$ , надходить на ФІ1, де відбувається виділення "пачок" імпульсів, прийнятих схемою "і".

Отриманий від ФТД додатковий оптичний сигнал частоти  $v_{5,4}$  з "бланкуючими" імпульсами перетворений в сигнал  $\Delta v_M$ , здобуває чіткі границі "бланкуючого" імпульсу, проходячи ДО, підсилюється. Фільтр  $P=1/T_i$  (де  $T_i$  - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу "бланкуючі" імпульси в імпульсні сигнали, які, проходячи ДЛ і Вип (ФІ=ДЛ+Вип), виділяються у вигляді одного короткого імпульсу за початок "бланкуючого" імпульсу та надходять на тригер з індексом "1", включаючи його.

На боці, який приймає. Відбитий від ЛА основний сигнал частот  $v_{5,4}$  у сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал  $\Delta v_M$ , підсилюється ШП та виділяється в РП, як сигнал міжмодової частоти  $\Delta v_M$  від. Проходячи через Дет, він перетворюється точно також, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти  $\Delta v_M$ , надходить тільки на тригер з індексом "0", "перекидаючи" його. Сигнал, що надходить з тригера на схему "і" здійснює періодичне "відкриття" і "закриття" проходу для "пачок" імпульсів з ФІ1, які підраховуються Лч і відпрацьовуються у ЕОМ та відображаються у вигляді числа, яке відповідає похилої дальності до ЛА.

Таким чином відбувається вимір похилої дальності до ЛА на грубій шкалі. Перехід на точну шкалу (генерація пікосекундних імпульсів) здійснюється одразу після припинення вмикання ключа (для формування "бланкуючого" імпульсу). Так як канал вимірювання похилої дальності до ЛА пропонується ввести до складу структури МСЛВС, то вмикання та вимикання перемикача ("П") відбувається одночасно для 2-ох пар частот  $v_{5,4}$  і  $v_{9,7}$ .

Апаратні помилки вимірювання похилої дальності до ЛА в запропонованому каналі - це помилки визначення початку і кінця відліку часового інтервалу, помилки за рахунок дискретності і нестабільності частоти проходження тактових (рахункових) імпульсів. Точність оцінки інтервалу визначається крутістю огинаючої при заданому граничному значенні напруги  $U_n$  та залежить від форми ДС лазерного випромінювання, що сканує та відносини сигнал/шум.

Оптико-електронний модуль постійно здійснює у денних і нічних умовах у видимому та інфрачервоному діапазонах спостереження за ЛА, який супроводжується. Об'єктивний контроль та обробка (вимірювання) похилої дальності до ЛА 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.

Вимірювальна інформація про тангенціальну швидкість (кутові швидкості) ЛА від каналу кутових швидкостей використовується в БР для розпізнавання ЛА, що супроводжується.

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

Видача інформації, яка отримана під час проведення випробувань ЛА, споживачам (на ЦКП) та отримання додаткової інформації від керівництва здійснюється за допомогою апаратури обміну даними за радіоканалом.

Формування ДС лазерного випромінювання, 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:

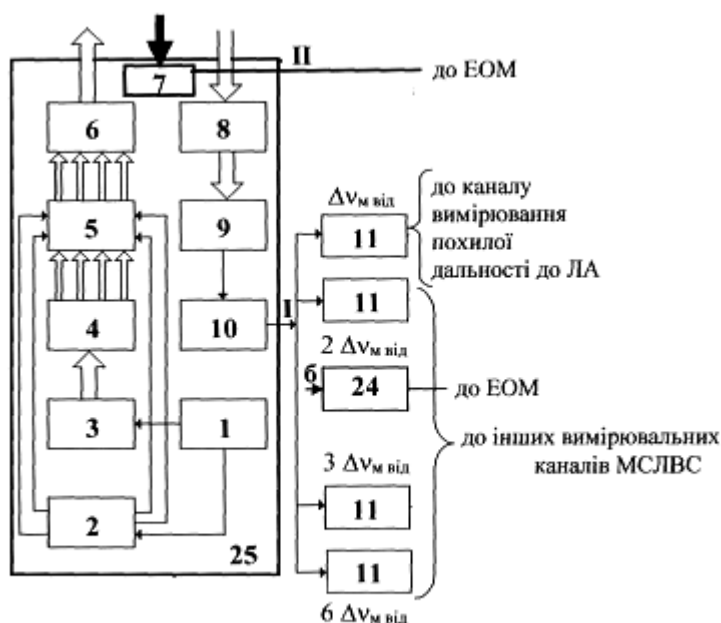
1. Патент на корисну модель № 92675, Україна, МПК G01 S 17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для комбінованої лазерної системи. / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Певцов та ін. - №u201403528; заяв. 07.04.2014; опубл. 26.08.2014; Бюл. № 16. - 5 с.

2. Патент на корисну модель № 103674, Україна, МПК G01 S 17/42. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної вимірювальної системи. / О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, Г.В. Певцов та ін. - № u201506161; заяв. 22.06.2015; опубл. 25.12.2015; Бюл. № 24. - 6 с.

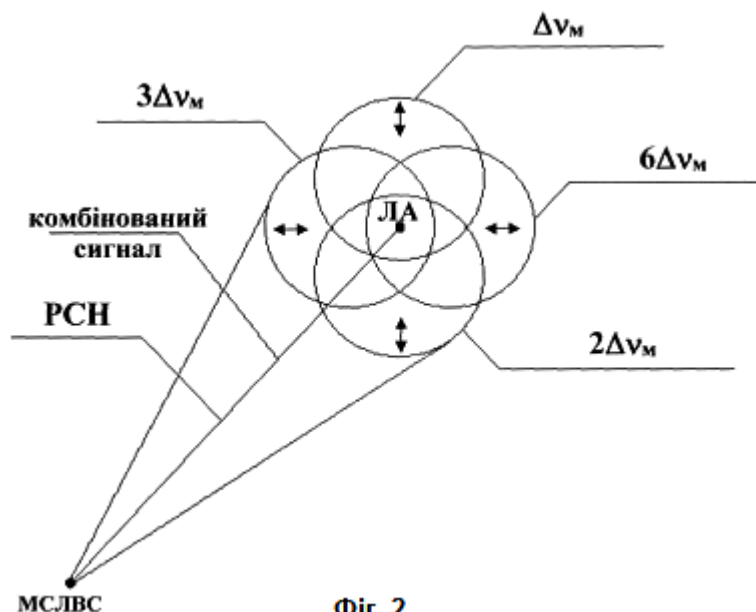
3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. / О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24. - 14 с.

# ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з можливістю розпізнавання ЛА для мобільної суміщеної лазерної вимірювальної системи, що містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, селектор подовжніх мод, призми для частоти міжмодових биттів  $\Delta\nu$ , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів  $\Delta\nu_M$  і  $2\Delta\nu_M$ , передавальну оптику, оптико-електронний модуль, який складений з телевізійного і інфрачервоного каналів, приймальну оптику, фотодетектори, широкосмуговий підсилювач, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, схему "І", фільтр із заданою смугою пропускання, диференційований ланцюжок, випрямляч, тригер, детектор, диференційовану оптику, підсилювач, фільтр, лічильник, електронну обчислювальну машину, блок розпізнавання, гіростабілізовану платформу та б - введення сигналу від каналу вимірювання кутових (тангенціальних) швидкостей літального апарата, який відрізняється тим, що додатково введено апаратуру обміну даними.



Фіг. 1



Фіг. 2

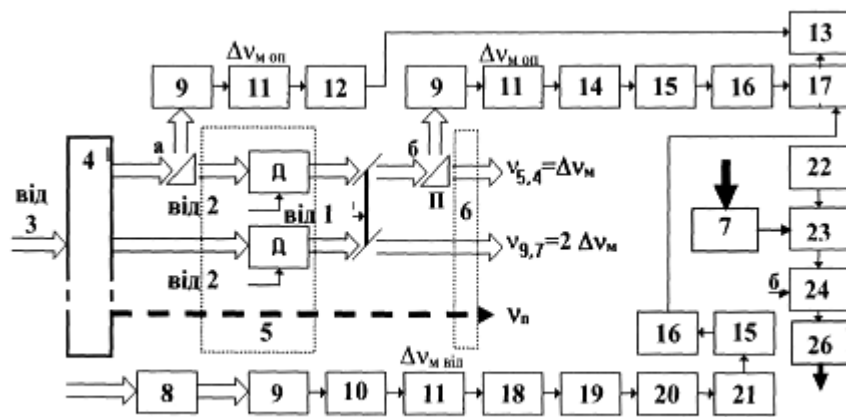


Fig. 3

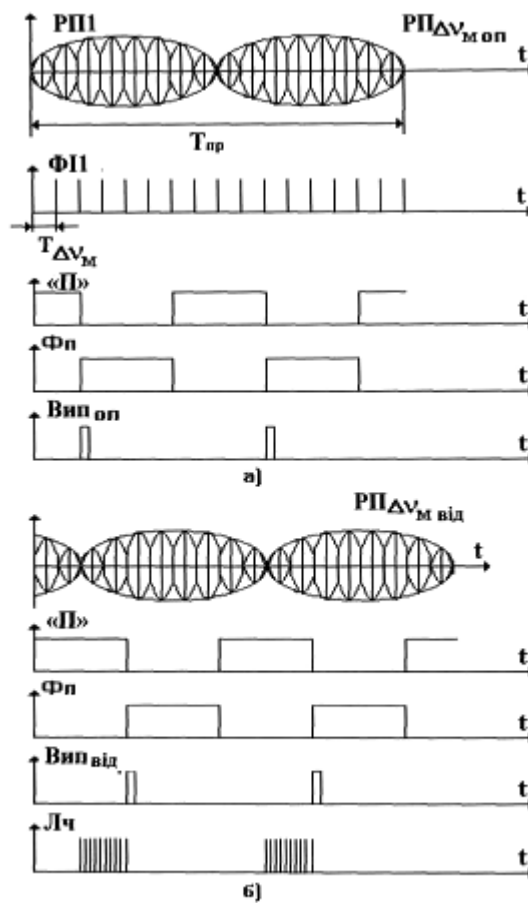


Fig. 4