



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60354 (13) U

(51) МПК

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДО ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З БСПМ ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201102340

(22) 28.02.2011

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл.№ 11, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АЛЬОШИН ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ЖИЛІН ЄВГЕН ІГОРОВИЧ, КАТУНІН АЛЬБЕРТ МИКОЛАЙОВИЧ, КОЗИНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ЛУКОВСЬКИЙ ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ, ПРИХОДЬКО ВОЛОДИМИР МУСІЙОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатофункціональний селектор подовжніх мод, приз-

ми для частоти міжмодових биттів Δv_m , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_m і $2 \Delta v_m$, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектори, широкопasmовий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер "1"|"0", схему "і", лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовні ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до літального апарата, який **відрізняється** тим, що після ПІП, замість 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 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 апарата (ЛА).

Відомий «Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для лазерної інформаційно-вимірювальної системи» [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), призми для частоти міжмодових биттів Δv_m , блок дефлекторів (БД), перемикач для частот міжмодових биттів Δv_m і $2 \Delta v_m$, передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектори (ФТД), широкопasmовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів (ФІ), тригер „1”|„0”, схему „і” («І»), лічильники (Лч), фільтр із заданою смугою пропускання (Фп), детектор (Дет), диференційовну оптику (ДО), підсилювач

(П), фільтр (Ф), диференційовні ланцюжки (ДЛ), випрямлячі (Вип), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та блок відображення вимірювальної інформації (БВІ) про похилу дальність R до ЛА.

Недоліком відомого каналу є те, що він не здійснює інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах ν_n .

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є «Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів» [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатофункціональний селектор подовжніх мод (БСПМ), призми для частоти міжмодових биттів

Δv_m , блок дефлекторів, перемикач для частот міжмодових биттів Δv_m і $2 \Delta v_m$, передавальну оптику, приймальну оптику, фото-детектори, широкопasmовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів,

(13) U

(11) 60354

(19) UA

тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовні ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність до ЛА.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не використовує лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах ν_{n1} та ν_{n2} для детального розпізнавання ЛА.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями, який дозволить здійснювати багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах ν_n і частоті міжмодових биттів, високоточне вимірювання похилої дальності у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту та, 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, багатофункціональний 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, приймальну оптику, фото-детектори, широкопasmовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовні ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА додатково після ШП замість ІБ введено інформаційний блок з розширеними можливостями (ІБРМ) із б - введенням сигналу тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА, що виміряна.

Побудова каналу вимірювання похилої дальності R до ЛА 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 похилої дальності ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, стійкому багатоканальному (N) інформаційному взаємозв'язку з ЛА на несучих частотах ν_n і частоті міжмодових биттів та 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.

На фіг. 2 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу.

На фіг. 3 приведено створення рівносигнального напрямку (РЧН) та сканування 4-мя діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання в ортогональних площинах.

На фіг. 4 приведено створення лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 5 приведені епюри напруг з виходів блоків вимірювання R до ЛА, де: а) - від блока опорного сигналу; б) - від блока відбитого сигналу.

Запропонований канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів з БСПМ та розширеними можливостями містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатофункціональний 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, приймальну оптику, фотодетектори, 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, формувач імпульсів, тригер „1”|„0”, схему „і”, лічильники, фільтр із заданою смугою пропускання, детектор, диференційовну оптику, підсилювач, фільтр, диференційовні ланцюжки, випрямлячі, електронно-цифрову обчислювальну машину та блок відображення вимірювальної інформації про похилу дальність R до ЛА.

Робота запропонованого каналу полягає у наступному. Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання YAG:Nd^{3+} - лазера (або лазера з більш кращими характеристиками) (Лн) за допомогою БСПМ [4] виділяються необхідні пари частот для створення:

- багатоканального (N) інформаційного зв'язку, за умови використання сигналу комбінації подовжніх мод (на різницевій частоті міжмодових биттів $\Delta\nu_{101} = \nu_{10} - \nu_1 = 9\Delta\nu_m$), а також подовжніх мод (несучих частот ν_n);

- лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, за умови використання сигналу з двох подовжніх мод (несучих частот ν_{n1}, ν_{n2});

- рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних ДС, за умови використання різницевих частот міжмодових биттів

$$\Delta\nu_{54} = \nu_5 - \nu_4 = \Delta\nu_m, \quad \Delta\nu_{97} = \nu_9 - \nu_7 = 2\Delta\nu_m, \quad \Delta\nu_{63} = \nu_6 - \nu_3 = 3\Delta\nu_m, \quad \Delta\nu_{82} = \nu_8 - \nu_2 = 6\Delta\nu_m.$$

Груповий сигнал, який складений із частоти міжмодових биттів $9 \Delta v_m$ і несучих частот v_n , минаючи БД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від ІБРМ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається для ЛА (взаємозв'язок) (фіг. 1, 2).

Також, за допомогою БСПМ 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 плоскості

V0U рознесені на відомій відстані Δv_q . Різниця ходу пучків до картинної плоскості ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цією різницею фаз (амплітуд) між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній плоскості також змінюється від точки до точки. В залежності від різниці фаз (амплітуд) у картинній плоскості 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 Δv_q та відстанню до картинної плоскості R. Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано по гармонійному закону з коефіцієнтом модуляції, дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито, в даній ділянці поверхні ЛА.

Водночас сигнал частот міжмодових биттів Δv_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 із двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається БКД, який разом з Ln 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 скануємі точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній із двох ортогональних площин α і β або X і Y. При цьому частоти N v_n , інформаційний сигнал $v_{10}, v_1 = 9\Delta v_m$ та сигнал із просторовою модуляцією поляризації на несучих частотах v_{n1} , v_{n2} проходять вдовж РСН (фіг. 2) (фіг. 3).

Принцип роботи грубої шкали каналу вимірювання похилої дальності R до ЛА полягає в наступному (фіг. 2, 5).

На боці, який передає.

Виділена БСПМ із спектру випромінювання лазера перша пара частот v_{54} розщеплюється під дією розщепителя (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 розщепитель, де відбувається виділення додаткового сигналу (2) та надходить на ПРДО і далі на ЛА;

2) додатковий (1) - перетворений ФТД в електричний імпульсний сигнал різницевої частоти міжмодового биття Δv_m та надходить на ФІ1, де відбувається виділення «пачок» імпульсів, прийнятих схемою «1».

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 різницевих частотах міжмодових биттів. Підсилені ПІП 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: $\Delta v_{мвід}$, $2 \Delta v_{мвід}$, $3 \Delta v_{мвід}$, $6 \Delta v_{мвід}$.

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП1 (РП Δv_m) формують сигнал про R до ЛА, а РП 4 (РП $6 \Delta v_m$), РП2 (РП $2 \Delta v_m$) і РП3 (РП $3 \Delta v_m$) - сигнали для інших вимірювальних 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.

Отриманий від ФТД додатковий оптичний сигнал частоти $v_{5,4}$ з «бланкуючими» імпульсами перетворений в сигнал Δv_m , здобуває чіткі границі «бланкуючого» імпульсу, проходячи ДО, підсилюється. Фільтр $\Pi = 1/\tau_i$ (де τ_i - тривалість імпульсу) виділяє з загального сигналу «бланкуючі» імпульси в імпульси 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 $\nu_{5,4}$ у сумі з груповим, минаючи ПРМО, перетворюється ФТД в електричний імпульсний сигнал $\Delta\nu_m$, підсилюється ШП та виділяється в РП, як сигнал міжмодової частоти $\Delta\nu_{\text{мвід}}$. Проходячи через Дет, перетворюється точно також, як і додатковий електричний сигнал (2) частоти $\Delta\nu_m$, надходить тільки на тригер з індексом «0», «перекидаючи» його. Сигнал, що надходить з тригера на схему «1» здійснює періодичне «відкриття» і «закриття» проходу для «пачок» імпульсів з Ф11, які підраховуються Лч і відпрацьовуються у ЕЦОМ та відображаються на БВІ у вигляді числа, котре відповідає R.

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).

Оскільки канал вимірювання похилої дальності до ЛА пропонується ввести до складу структури ЛІВС з ЧЧМ, то вмикання та вимикання перемикача (П) відбувається одночасно для 2-ох пар частот $\nu_{5,4}$ і $\nu_{9,7}$.

Апаратарні помилки виміру R 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 скануючої ДС лазерного випромінювання і відносини сигнал/шум.

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.

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 одно-модового багаточастотного лазера-передавача, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів.

Кількість інформаційних каналів (N) в каналі, що пропонується, залежить від кількості мод (несучих частот ν_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації

1. Патент на корисну модель, №25803, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів для лазерної інформаційно-вимірювальної системи. /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Баранник та ін. - № u200703185; Заяв. 26.03.2007; опубл. 27.08.2007; Бюл. № 13 - 8 с

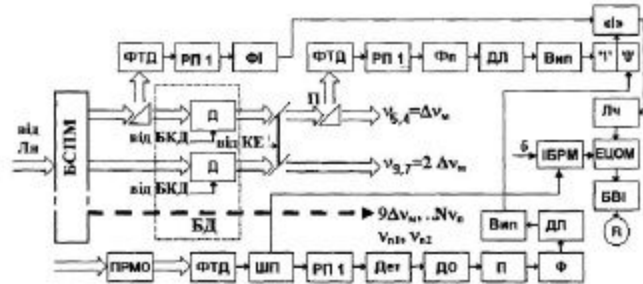
2. Патент України на корисну модель, № 43068, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал вимірювання похилої дальності до літальних апаратів. /О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Белімов та ін. -№ U200903686; Заяв. 15.04.2009; Опубл. 27.07.2009; Бюл. № 14. - 8 с

3. Патент України на корисну модель, № 55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 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

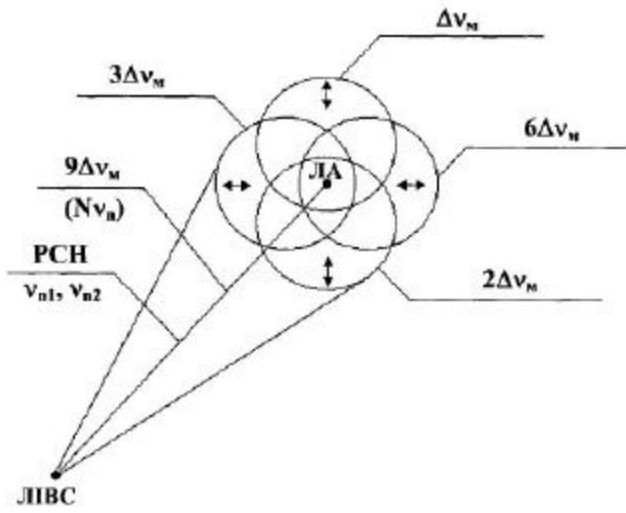
4. Патент на корисну модель, № 35476, Україна, МПК H04 Q 1/453. Багатофункціональний селектор подовжніх мод /О.В.Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Баранник та ін. - № u200803489; Заяв. 18.03.2008; опубл. 25.09.2008; Бюл. № 18-8 с.



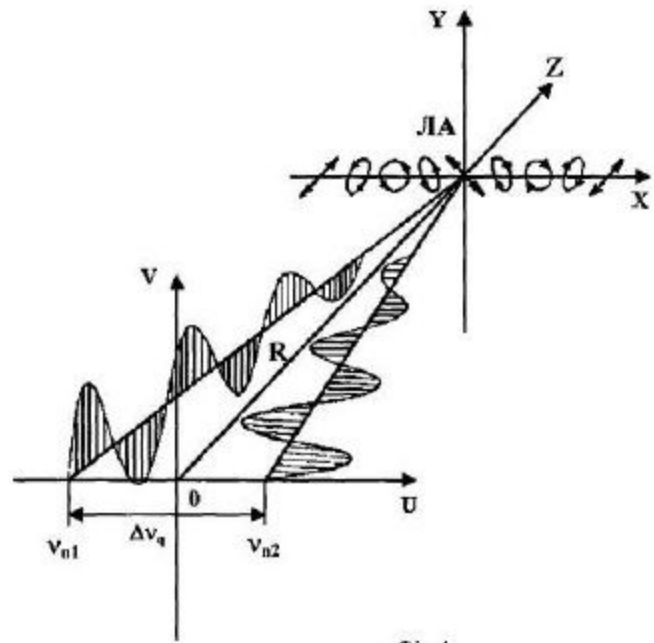
Фіг. 1



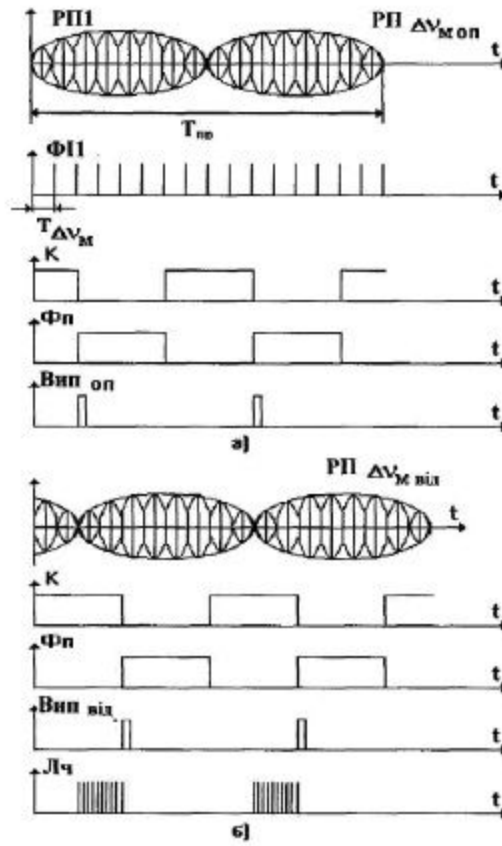
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5