



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61340 (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 ДОДАТКОВИМ СКАНУВАННЯМ ТА РОЗШИРЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

1

2

(21) u201103395

(22) 22.03.2011

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) КОЛОМІЙЦЕВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, БОЛЮБАШ ОЛЕКСІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ВАСИЛЬЄВ ДМИТРО ГЕННАДІЙОВИЧ, ДОРОШЕНКО ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, КОЗИНА ОЛЬГА АНДРІЙВНА, ОМЕЛЬЧЕНКО АНДРІЙ ІГОРОВИЧ, РУБАН ІГОР ВІКТОРОВИЧ, САДОВИЙ КОСТЯНТИН ВІТАЛІЙОВИЧ, САЧУК ІГОР ІВАНОВИЧ, ШОСТАК АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

(57) Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з додатковим скануванням та розширеними можливостями, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з

накачкою, багатофункціональний селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий 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 ШП 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 кутових швидкостей 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), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий 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), блоки відображення інформації (БВІ) 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 здійснює інформаційного взаємозв'язку з ЛА на несучих частотах v_n та додаткового сканування сумарною діаграмою спрямованості (ДС) лазерного випромінювання.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип є "Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з додатковим скануванням" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатоканальний селектор подовжніх мод (БСПМ), модифікований блок дефлекторів (МБД), передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, 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.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не

(13) U

(11) 61340

(19) UA

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 кутових швидкостей літальних апаратів з додатковим скануванням та розширеними можливостями, який дозволить здійснити сканування сумарною ДС лазерного випромінювання у заданій частці простору із заданим законом сканування для виявлення ЛА, багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ним на несучих частотах ν_n і частоті міжмодових биттів, високоточне вимірювання кутових швидкостей (прискорення α' і β') 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 канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатоканальний селектор подовжніх мод, модифікований блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, формувачі імпульсів, тригери "1"/"0", схеми "і", реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta\nu_{m\text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $2\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $3\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $6\Delta\nu_{m\text{ оп}}$) від передавального лазера додатково після ШП замість інформаційного блока 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 додатковим скануванням 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 у виявленні, високоточному вимірюванні кутової швидкості (прискорення α' і β') ЛА у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, 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 приведена узагальнена структурна схема каналу, який пропонується, де: 1 - вимірювальний сигнал; 2 - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації; $\Delta\nu_{m\text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $2\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $3\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $6\Delta\nu_{m\text{ оп}}$) від передавального лазера.

На фіг.2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) 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 пропонованого каналу.

Запропонований канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з додатковим скануванням та розширеними можливостями містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, багатоканальний селектор подовжніх мод, 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, тригери "1"/"0", схеми "і", реверсивні лічильники, схеми порівняння, електронно-цифрову обчислювальну машину та $\Delta\nu_{m\text{ оп}}$ - введення опорних сигналів з частотами міжмодових биттів ($\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $2\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $3\Delta\nu_{m\text{ оп}}$, $6\Delta\nu_{m\text{ оп}}$) від передавального лазера.

Робота запропонованого каналу полягає в 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 різницевої 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 4-м парціальним ДС, що частково перетиналися, за умови використання різницевої частоти 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 $9\Delta\nu_m$ і несучих частот ν_n , минаючи МБД, 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 (ν_{n1} та ν_{n2}) у вигляді двох променів з вертикальною (ν_{n1}) та горизонтальною (ν_{n2}) поляризацією (фіг.3). При цьому випромінювання апертури першого і другого поляризаційних каналів в апертурній площині VOU рознесені на відомій відстані $\Delta\nu_q$. різниця ходу пучків до картинної площини ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки.

Обумовлена цим різниця 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 до 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 МБД, який створений 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 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 із двох ортогональних площин α і β або X і Y. При цьому частоти 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).

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: Δv_m від, $2\Delta v_m$ від, $3\Delta v_m$ від, $6\Delta v_m$ від.

Імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП1 і РП2 ($РП\Delta v_m$ і $РП2\Delta v_m$) формують сигнал прискорення α' , а РП3 і РП4 ($РП3\Delta v_m$ і $РП6\Delta v_m$) - прискорення β' .

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.

Формування сигналу прискорення α' полягає в наступному.

Виділені імпульси ФІ 1 першої І лінії від опорної частоти Δv_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 Δv_m від, змінюється по закону руху ДС лазерного випромінювання, перетворюється у другої 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 різницеве число на схему порівняння і т.д.

Таким чином, в РЛЧ записується число імпульсів порівняно різниці подовженого та покороченого (руху ДС) півперіоду сканування. Півперіод сканування подовжується тоді, коли швидкість руху ЛА співпадає з швидкістю руху ДС, а коли не співпадає - покорочується.

Формування сигналу прискорення β' відбувається таким же чином, як для прискорення α' . Отримання інформації про кутові швидкості (прискорення α' і β') 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 блока дефлекторів, де кут та напрямки 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 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 v_n), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації:

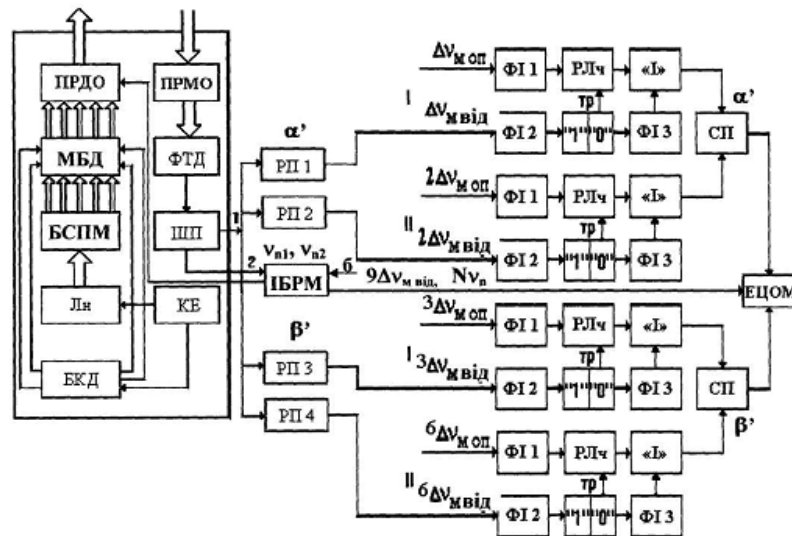
1. Патент на корисну модель №25804, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання

кутових швидкостей літальних апаратів для лазерної інформаційно-виміральної системи. / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Баранник та ін. - № u200703227; заяв. 26.03.2007; опубл. 27.08.2007; Бюл. № 13. - 8 с.

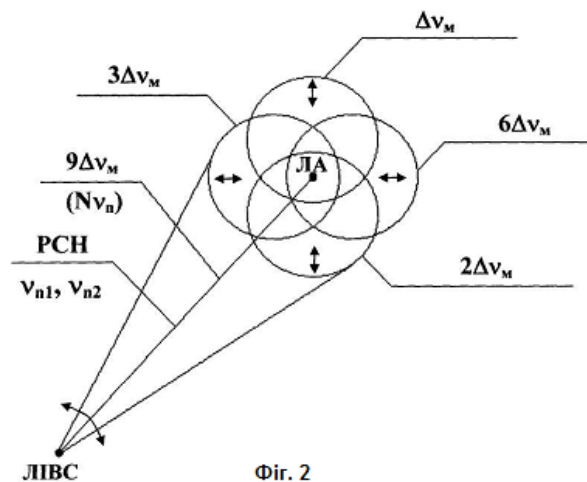
2. Патент на корисну модель №43788 Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з додатковим скануванням. / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Белімов та ін. - №u200904602; заяв. 08.05.2009; опубл. 25.08.2009; Бюл. №16. - 8с.

3. Патент на корисну модель №55645, Україна, МПК G01S17/42, G01S17/66. 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. - 14с.

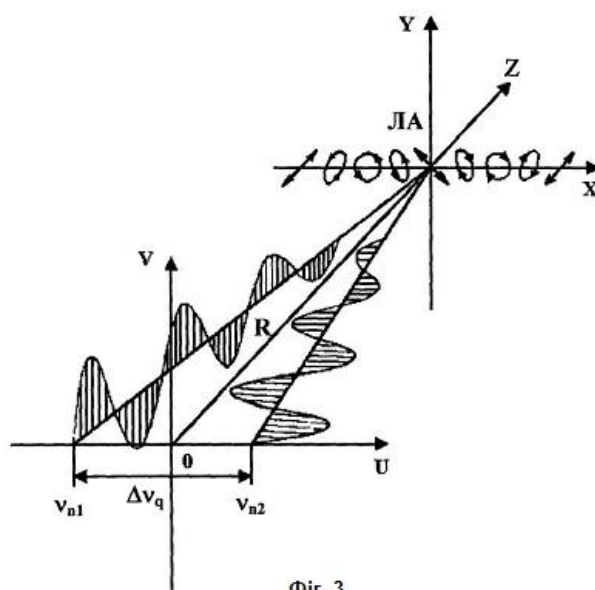
4. Патент на корисну модель № 35476, Україна, МПК H04 Q1/453. Багатофункціональний селектор подовжніх мод / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Баранник та ін. - №u200803489; заяв. 18.03.2008; опубл. 25.09.2008; Бюл. №18-8с.



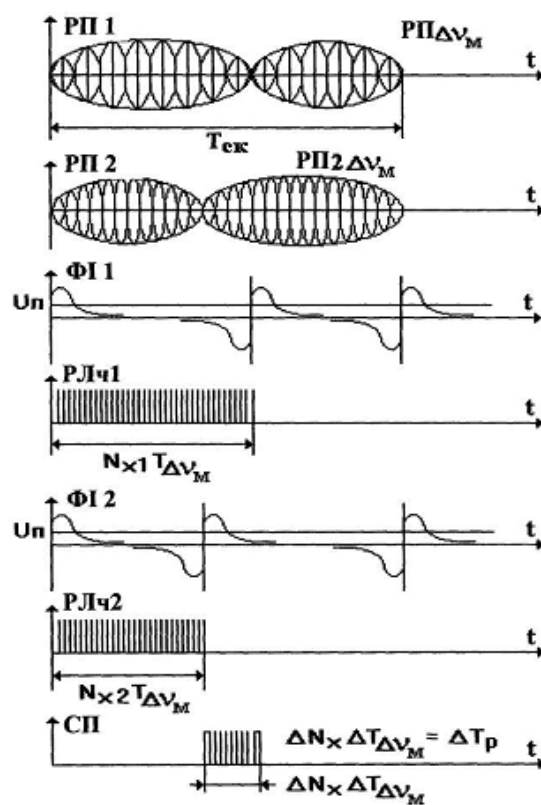
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4