

УДК 681.51

О.В. Коломійцев

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

КАНАЛ КУТОВОГО АВТОСУПРОВОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА НАПРЯМКОМ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновано канал автоматичного супроводження об'єктів за напрямком (АСН) для лазерної інформаційно-виміральної системи з модернізованим частотно-часовим методом вимірювання. Представлені результати оцінки точностних характеристик каналу АСН.

канал автоматичного супроводження об'єктів за напрямком, лазерна інформаційно-вимірально-важна система

Вступ

Постановка проблеми. Лазерні інформаційно-вимірально-важні системи (ЛІВС), що знаходяться в експлуатації, не повною мірою задовольняють усе зростаючим до них вимогам, особливо для початкової ділянки траєкторії польоту літальних апаратів (ЛА). Це є наслідком того, що ЛІВС мають ряд істотних недоліків, основними з яких є: недостатня стійкість інформаційного зв'язку з ЛА і кількість його вимірюваних параметрів рухів (ВПР), здійснення автосупроводження ЛА, як правило, за програмою. Тому проблема синтезу каналу автоматичного супроводження об'єктів за напрямком ЛІВС з модернізованим частотно-часовим методом (МЧЧМ) вимірювання для забезпечення інформаційного зв'язку з ЛА, необхідної кількості і високої точності ВПР ЛА при його стійкому кутовому автосупроводженні є актуальною.

Аналіз останніх публікацій. Аналіз публікацій показує, що недоліками квантово-оптичної системи «Сажень» [1] є мала точність вимірювання дальності на великій відстані до космічного апарата (КА) та кутів азимута і місця, неоперативність супроводження та неможливість вимірювання кутових швидкостей (тангенціальної складової швидкості) і радіальної швидкості КА. Наприклад, недоліками каналу вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів на підставі МЧЧМ вимірювання [2] є неможливість здійснювати сеанс зв'язку з ЛА.

Метою статті є представлення результатів розробки наукових і науково-технічних пропозицій щодо створення каналу інформаційного взаємозв'язку з ЛА на основі додаткового виділення мод (частот міжмодових биттів) із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання лазера, для побудови каналу АСН ЛІВС з МЧЧМ вимірювання.

Виклад основного матеріалу

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для

лазерної інформаційно-вимірально-важної системи полягає в наступному. Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання YAG:Nd^{3+} – лазера (лазера накачки ЛН) за допомогою селектора подовжніх мод (СПМ) виділяються необхідні пари частот для створення (рис. 1):

– інформаційного каналу зв'язку, при умові використання сигналу з різницею частот міжмодових биттів

$$\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_m;$$

– рівносигнального напрямку (РСН) на основі формування сумарної діаграми спрямованості (ДС), завдяки частково перетинаючихся чотирьох парціальних ДС, при умові використання різницею частот міжмодових биттів

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

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

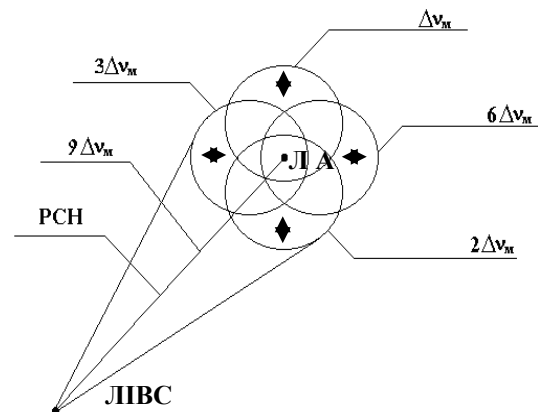


Рис. 1. Створення каналу зв'язку та РСН

Сигнал частотою міжмодових биттів $9\Delta v_m$, минаючи блок дефлекторів (БД) потрапляє на передаючу оптику (ПРДО) де змішується з сигналом від інформаційного блоку (ІБ) та формує передавану інформацію для ЛА (рис. 2).

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 дефлекторів.

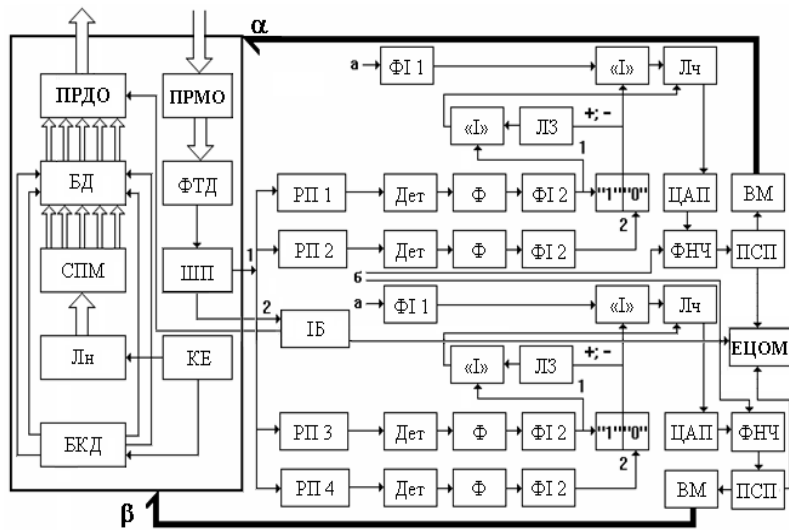


Рис. 2. Канал АСН

Парціальні ДС попарно зустрічно сканують БД у кожній із двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається блоком керування дефлекторів, який разом з Лн забезпечується необхідним живленням від керуючого елемента. Проходячи через передаючу оптику, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот: $v_5, v_4 = \Delta v_m$, $v_9, v_7 = 2\Delta v_m$, $v_6, v_3 = 3\Delta v_m$, $v_8, v_2 = 6\Delta v_m$, та $v_{10}, v_1 = 9\Delta v_m$ (рис. 1, 2) фокусується в скануєми крапки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС у кожній із двох ортогональних площин α і β або X і Y (рис. 2).

Прийняті приймальною оптикою (ПРМО) відбиті від ЛА інформаційний та в процесі сканування чотирьох ДС лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС за допомогою фотодетектора (ФТД) перетворюються в електричні імпульсні сигнали на різнице-вих частотах міжмодових биттів, посилювані широкопasmовим підсилювачем (ШП), і розподіляються в ІБ $9\Delta v_m$ для обробки приймаємої інформації від ЛА та по резонансних підсилювачах (РП), побудованим на відповідні частоти: Δv_m (РП1), $2\Delta v_m$ (РП2), $3\Delta v_m$ (РП3), $6\Delta v_m$ (РП4). При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП Δv_m і РП $2\Delta v_m$ формують сигнал помилки за кутом α , а РП $3\Delta v_m$ і РП $6\Delta v_m$ – за кутом β .

Формування сигналу помилки за кутом α , полягає в наступному. Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу Δv_m , перетвореного формувачем імпульсів (ФІ1) у “пачки” опорних імпульсів на частоті $\Delta v_{m\text{оп}}$, надходить на схему “Г”. Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП Δv_m частоти міжмодових биттів Δv_m (рис. 3), детектується детектором (Дет), у виді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазера і, після проходження фільтра (Ф), перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів сканування в імпульси (один імпульс за період сканування), надходить на тригер “1”, перекидаючи його. У цей же час, виділений і посилений РП $2\Delta v_m$ імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів $2\Delta v_m$ детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється по такому ж закону і, проходячи Ф, перетворюються у ФІ2 у крапках переходів періодів коливаль в імпульси (один імпульс за період сканування), надходить на тригер “0”, установлюючи його у вихідний стан.

Задача виміру часового інтервалу в схемі “Г” із заданою точністю, полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми “Г”. У зв'язку з тим,

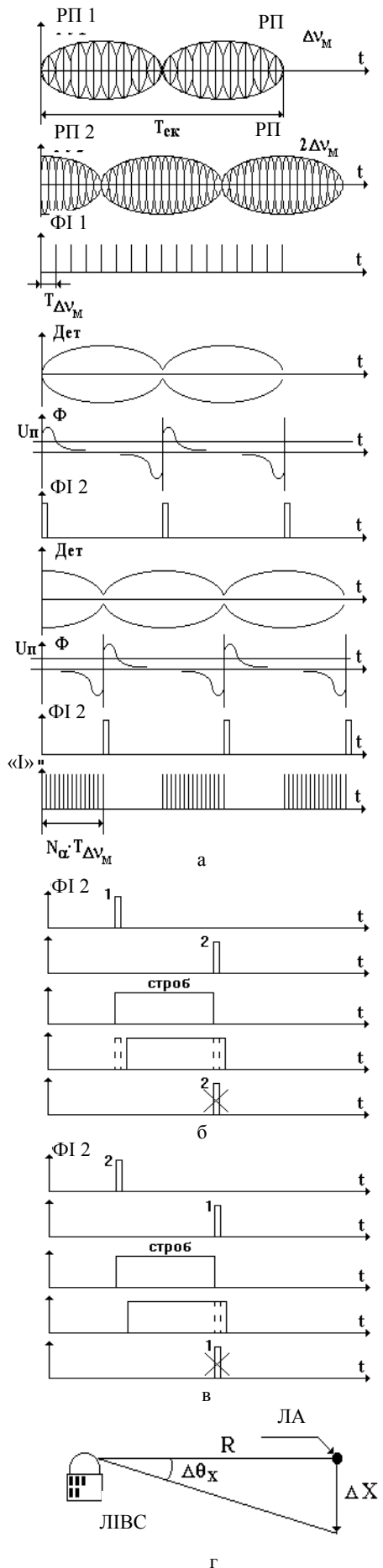


Рис. 3. Формування сигналу

що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається, за часом, характерними значеннями сигналу, що визначають начало і кінець відліку часового інтервалу є граничне значення U_n (порогове значення напруги) (рис. 3, а).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю тригером схеми "Г", регулюється проходження імпульсів у схемі "Г" від ФІ1, тобто відбувається виділення "пачок" імпульсів, кількість яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (рис. 3, в, г).

Підраховані лічильником імпульси, перетворюються цифро-аналоговим перетворювачем в аналоговий сигнал помилки з необхідним знаком, що зміщується у фільтрі нижніх частот (ФНЧ) з імпульсним сигналом від каналу кутових швидкостей ЛА (б) для уточнення помилки збігу за кутами. Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флукутаційна похибки фільтрації [3].

Відфільтрований у ФНЧ і посилений підсилювачем сигналу помилки, отриманий сигнал відпрацьовується за допомогою виконавчого механізму (α), надходить від підсилювача (фільтра) сигналу похибки (ПСП $_{\alpha}$) на вхід електронно-цифрової обчислювальної машини (ЕЦОМ) та виділяється в ній у вигляді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута α .

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему "Г" першим надходить імпульс з ФІ2 міжмодової частоти Δv_m , а на тригер надходить другим імпульс з ФІ2 міжмодової частоти $2\Delta v_m$ (рис. 2, 3). На схему "Г" від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунка імпульсів частоти міжмодових биттів Δv_m . Оскільки тривалість стробу залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, необхідно мати схему визначення полярності сигналу помилки ("+" або "-").

Таким чином, якщо ЛА буде розташований нижче РСН, то першим надійде імпульс від ФІ2 з каналу $2\Delta v_m$, а другим – з каналу Δv_m . Схема визначення знака, або сторони відхилення ЛА від РСН працює за рис. 2 та 3, б, в.

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 (рис. 2, 3, б) від каналу Δv_m випереджає імпульс 2 каналу $2\Delta v_m$. Оскільки строб від тригера затримується на час, що перевищує тривалість імпульсу 1 (або 2), то схема збігів "Г" не спрацює, тому що імпульс 1 не збіжиться в часі з даним стробом. Знак сигналу помилки по куту α залишається позитивним.

Якщо ЛА знаходиться нижче РСН (рис. 3, в), то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом. Схема "Г" спрацює і змі-

нює знак (або полярність) напруги сигналу помилки по куту α . Імпульс зі схеми "Г" подається на знаковий розряд лічильника (Лч) імпульсів з частотою Δv_m . Число імпульсів у лічильнику пропорційно куту відхилення α від РСН.

Форматування сигналу похибки по куту β , відбувається аналогічним образом. Виконавчі механізми ВМ $_{\alpha}$ і ВМ $_{\beta}$, розвертають прийомопередаючу платформу таким чином, щоб ЛА знаходився на РСН каналу АСН, тобто на РСН чотирьох парціальних ДН.

Відображення приймаємої (передаваної) інформації від ЛА та обробка (вимір) кутів азимута α і міста β відбувається в ЕЦОМ.

Висновки

Таким чином, запропонований канал автоматичного супроводження об'єктів за напрямком забезпечить:

– створення інформаційного каналу взаємозв'язку з ЛА (об'єктом), при умові використання сигналу з різницевих частот міжмодових биттів

$$\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_m;$$

– створення рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС, завдяки частково перетинних чотирьохпарціальних ДС, при умові використання різницевих частот міжмодових биттів:

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

$$\Delta v_{63} = v_6 - v_3 = 3\Delta v_m, \quad \Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_m;$$

- сканування чотирма ДС в заданому куті;
- вимірювання кутів азимута і місця;
- високоточне автосупроводження ЛА;
- синтезувати передаючу частку ЛПВС.

Список літератури

- 1.. Полігонні лазерні та оптико-електронні вимірювальні засоби: Конспект лекцій. Частина II / С.В. Тюрін, І.С. Шостко, В.А. Романюк, В.В. Пономарьов, Р.В. Павлович. – Х.: ХВУ, 1998. – 174 с.
2. Деклараційний патент на винахід 59115 А, Україна, 7МПК G01S17/42, G01S17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком на підставі модернізованого частотно-часового методу вимірювання / Г.В. Альошин, О.В. Коломійцев, Д.П. Пауков. – № 2003010713; Заяв. 27.01.2003; Опубл. 15.08.2003; Бюл. № 8. – 5 с.
3. Алешин Г.В., Рондин Ю.П., Коломійцев А.В. Принципы построения лазерного канала углового автосопровождения объекта по направлению с частотно-временным методом измерений // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1999. – Вып. 2 (6). – С. 104 – 107.

Надійшла до редколегії 11.10.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Альошин, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.