

вання на кут 45° за один прохід, надходить на вузькосмуговий інтерферометр Фабри-Перо, що пропускає смугу частот ν_a , яка знаходиться нижче рівня втрат та невелика по потужності, сигнали всіх частот, що залишилися, відбиваються.

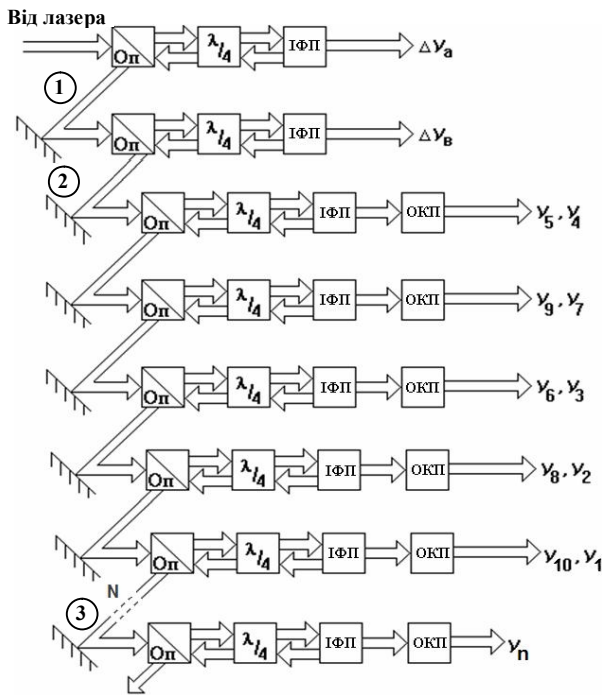


Рис. 1. Багатофункціональний СПМ

Відбите випромінювання, спектр якого розташований поза межами смуги частот ν_a , повертається до поляризатора і, будучи ортогонально поляризованим стосовно вихідного, виходить через бічну грань Оп і за допомогою каналізаційного дзеркала направляється в другий канал СПМ, у якому відбувається аналогічне виділення смуги частот ν_b (рис. 1, 2).

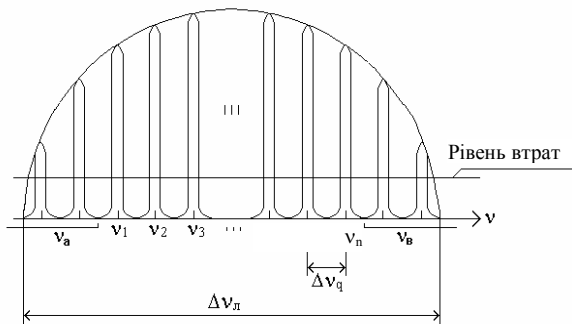


Рис. 2. Спектр синхронізованого одномодового багаточастотного випромінювання лазера передаючої частки ЛІВС з МЧЧМВ

Виділений (2) другим каналом оптичний сигнал подовжніх мод, спектр якого необхідний для формування 4-х парціальних ДС (створення рівносигнального напрямку (РСН)) (рис. 3, 4), через каналізаційне дзеркало надходить у канал виділення першої пари мод ν_5, ν_4 (частот). Проходячи через оптичний поляризатор і пасивну фазову пластинку $\lambda/4$, що

повертає вектор Е минаючого випромінювання на кут 45° за один прохід, сигнал надходить на вузькосмуговий інтерферометр Фабри-Перо, що пропускає першу пару частот ν_5, ν_4 , яка підсилюється оптичним квантовим підсилювачем і формує першу парціальну ДС, підфарбовану частотою міжмодових биттів $\Delta\nu_M$:

$$\Delta\nu_{54} = \nu_5 - \nu_4 = \Delta\nu_M.$$

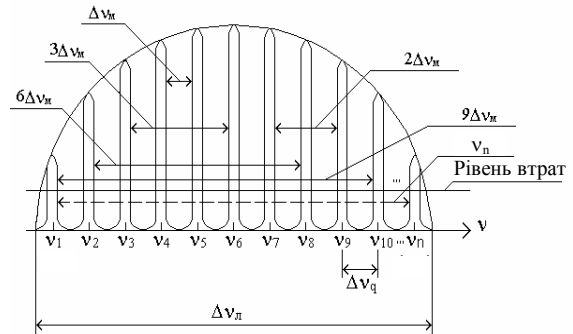


Рис. 3. Спектр випромінювання лазера

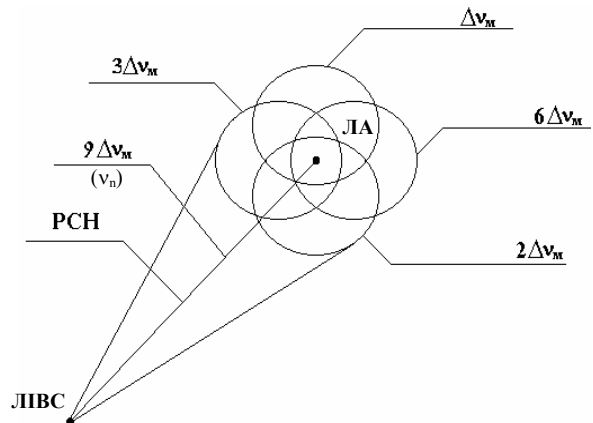


Рис. 4. Створення РСН завдяки формування частково 4-х парціальних ДС, що перетинаються, та N інформаційних каналів зв'язку ЛІВС з ЛІА

Частина групового сигналу, що залишилася відбитим дзеркалом ІФП, повертається і повертається фазовою пластинкою ще на кут 45° та виходить через бічну грань Оп випромінювання і направляється допоміжним дзеркалом у наступний канал, де відбувається виділення другої пари частот (мод $\nu_9, \nu_7 = 2\Delta\nu_M$) аналогічним образом, і т.д. для останніх пар частот $\nu_6, \nu_3 = 3\Delta\nu_M$, $\nu_8, \nu_2 = 6\Delta\nu_M$ та $\nu_{10}, \nu_1 = 9\Delta\nu_M$:

$$\Delta\nu_{97} = \nu_9 - \nu_7 = 2\Delta\nu_M;$$

$$\Delta\nu_{63} = \nu_6 - \nu_3 = 3\Delta\nu_M;$$

$$\Delta\nu_{82} = \nu_8 - \nu_2 = 6\Delta\nu_M,$$

які задіяні для формування сумарної ДС у вигляді 4-х парціальних ДС і створення РСН, а також:

$$\Delta\nu_{101} = \nu_{10} - \nu_1 = 9\Delta\nu_M,$$

які задіяні для формування інформаційного оптичного сигналу.

Виділений (3) третім каналом оптичний сигнал подовжніх мод, спектр якого необхідний для формування N інформаційних каналів (на несучих час-

тотах, що знаходяться вище рівня втрат) (рис. 1 – 4), через каналізаційне дзеркало надходить у канал виділення першої моди v_{11} (несучої частоти). Проходячи через оптичний поляризатор і пасивну фазову пластинку $\lambda/4$, що повертає вектор E минаючого випромінювання на кут 45° за один прохід, сигнал надходить на вузькосмуговий інтерферометр Фабри-Перо, що пропускає першу несучу частоту v_{11} , яка підсилюється оптичним квантовим підсилювачем і формує перший інформаційний канал. У залежності від того скільки виділено СПМ мод (частот міжмодових биттів), що залишилися після попереднього виділення (1 і 2 каналів), стільки N інформаційних каналів з v_n частотами можливо сформувані аналогічним способом їх виділення, як і для частоти v_{11} , (рис. 1).

При цьому кількість частот і їх комбінацій може бути знаходитися в рамках СПМ, що виділяються, стосовно рівня втрат (рис. 2, 3), а електричне поле $E(t)$ кожної моди (частоти) буде дорівнювати

$$\begin{aligned} E_n(t) &= A_n(1 + \delta \cos \Delta v't) \cos(v_n t + \phi_n); \\ E_1(t) &= A_1(1 + \delta \cos \Delta v't) \cos(v_1 t + \phi_1); \\ E_2(t) &= A_2(1 + \delta \cos \Delta v't) \cos(v_2 t + \phi_2); \\ &\dots \\ E_{10}(t) &= A_{10}(1 + \delta \cos \Delta v't) \cos(v_{10} t + \phi_{10}), \end{aligned} \quad (1)$$

де A_n – амплітуда n -ої моди, δ – глибина модуляції, v_n – частота міжмодових биттів, t – час, ϕ_n – фаза n -ої моди / $\phi = \text{const}$ (умова синхронізації фаз)/.

Частина сигналу, що залишилася після виділення необхідних несучих частот і частот міжмодових биттів (комбінацій мод) через допоміжне дзеркало направляється у «ловушку».

Селектор подовжніх мод, який забезпечує багатофункціональність, використовується у приймально-передавальному каналі ЛІВС з МЧЧМВ, що представлено на рисунку 5. Канал включає: керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ) з частотою, що перестроюється, для формування інформаційного каналу, блок дефлекторів (БД), передаючу оптику (ПРДО), приймаючу оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), широкосмуговий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП) настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів та 1 – вимірювальний сигнал, 2 – інформаційний сигнал.

Робота запропонованого приймально-передавального каналу полягає в наступному. Із синхронізованого одномодового багаточастотного спектра випромінювання $YAG:Nd^{3+}$ – лазера (Лн – лазерної накачки) за допомогою багатофункціонального СПМ виділяються необхідні пари частот (комбінації мод) для створення: N інформаційних каналів зв'язку, при умові використання сигналів як на несучих частотах v_n , так і на різницевої частоті міжмодових биттів $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_M$; чотирьох ка-

налів вимірювання параметрів руху ЛА та рівно сигнального напрямку на основі формування сумарної діаграми спрямованості, завдяки частково перетинаючихся 4-х парціальних ДС, при умові використання різницевих частот міжмодових биттів:

$$\begin{aligned} \Delta v_{54} &= v_5 - v_4 = \Delta v_M; \quad \Delta v_{97} = v_9 - v_7 = 2\Delta v_M; \\ \Delta v_{63} &= v_6 - v_3 = 3\Delta v_M; \quad \Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_M. \end{aligned}$$

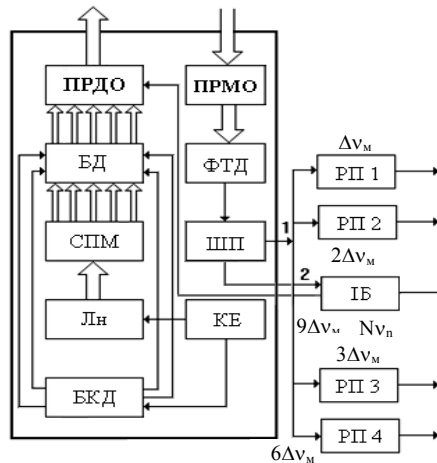


Рис. 5. Загальна схема приймально-передавального каналу в структурі ЛІВС з МЧЧМВ

Відповідно для частот міжмодових биттів (рис. 1, 2):

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \Delta v_{54} = v_5 - v_4 = \Delta v_M; \\ \psi_3 &= \Delta v_{63} = v_6 - v_3 = 3\Delta v_M; \\ \psi_2 &= \Delta v_{97} = v_9 - v_7 = 2\Delta v_M; \\ \psi_4 &= \Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_M; \\ \psi_5 &= \Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_M, \end{aligned}$$

де $\psi_n = N\Delta v_M$ – частота міжмодових биттів для n обраних подовжніх мод.

Інформаційний сигнал на несучій частоті v_n та частоті міжмодових биттів $9\Delta v_M$, минаючи БД потрапляє на ПРДО де змішується з сигналом від ІБ та формує інформаційний сигнал, який передається на ЛА. Водночас сигнал частот міжмодових биттів Δv_M , $2\Delta v_M$, $3\Delta v_M$ та $6\Delta v_M$ потрапляє на блок дефлекторів, який створений з чотирьох п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні діаграми спрямованості попарно зустрічно сканують БД у кожній із двох ортогональних площин. Період сканування задається БКД, який разом з Лн забезпечується необхідним живленням від керуючого елемента. Проходячи через передаючу оптику, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот:

$$\begin{aligned} v_5, v_4 &= \Delta v_M; \quad v_9, v_7 = 2\Delta v_M; \\ v_6, v_3 &= 3\Delta v_M; \quad v_8, v_2 = 6\Delta v_M \end{aligned}$$

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 , при цьому інформаційний сигнал $v_{10}, v_1 = 9\Delta v_M$ та v_n – проходить вдовж РСН. Прийняті ПРМО інформаційні сигнали та відбиті від ЛА в процесі сканування чотирьох діаграм спрямованості вимі-

ривальні лазерні імпульсні сигнали і огинаючи сигнали ДС за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на несучих та різницевих частотах міжмодових биттів, посилюються ШП, і розподіляються в ІБ $9\Delta v_{m\text{отр}}$ і v_n – для обробки інформаційних сигналів, які приймається від ЛА та по РП, які налагоджені на відповідні частоти міжмодових биттів: Δv_m , $2\Delta v_m$, $3\Delta v_m$, $6\Delta v_m$ – для виділення вимірювальної інформації про параметри руху літального апарату.

Висновки

Таким чином, забезпечення N інформаційного сигналу для ЛІВС з МЧЧМВ, пов'язано із задоволенням жорстких вимог, що пред'являються до спектру випромінювання одномодового багаточастотного лазера, тобто високоточної синхронізації подовжніх мод і стабілізації частот міжмодових биттів [3, 4]. Введення ж багатфункціонального СПМ з можливістю формування N сигналів на різницевих частотах міжмодових биттів і несучих частотах для інформаційного багатоканального зв'язку ЛІВС з ЛА істотно дозволяє підвищити об'єм інформації, що передається (приймається) та вирішити питання розподілу різного роду інформації по різних каналах (попередньо, паралельно і тощо). В загальні, прийнятно-передатковий канал для ЛІВС з МЧЧМВ забезпечить створення інформаційного багатоканального взаємозв'язку з ЛА, при умові використання сигналу на несучих та різницевих частотах міжмодових биттів: v_n та $\Delta v_{101} = v_{10} - v_1 = 9\Delta v_m$; створення чотирьох каналів вимірювання параметрів руху ЛА та рівносигнального напрямку на основі формування сумарної ДС, завдяки частково перетинаючихся чотирьох парціаль-

них ДС, при умові використання різницевих частот міжмодових биттів: $\Delta v_{54} = v_5 - v_4 = \Delta v_m$, $\Delta v_{97} = v_9 - v_7 = 2\Delta v_m$, $\Delta v_{63} = v_6 - v_3 = 3\Delta v_m$, $\Delta v_{82} = v_8 - v_2 = 6\Delta v_m$ сканування чотирма ДС в заданому куті.

Синтез ЛІВС з МЧЧМВ за допомогою багатфункціонального СПМ, що пропонується, забезпечить багатоканальну інформаційну взаємодію з літальним апаратом при одночасному його високоточному вимірюванні параметрів руху (похилої дальності, радіальної швидкості, кутів азимута і місця та кутових швидкостей) та стійкому кутовому автосупроводженні у широкому діапазоні дальностей (починаючи з моменту його старту).

Список літератури

1. Коломійцев О.В. Лазерна інформаційно-вимірювальна система / О.В. Коломійцев // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, – 2004. – Вип. 8 (36). – С. 186-189.
2. Тюрін С.В. Полігонні лазерні та оптико-електронні вимірювальні засоби: Консп. лекцій. Част. II / С.В. Тюрін, І.С. Шостко, В.А. Романюк, В.В. Пономарьов, Р.В. Павлович. – Х.: ХВУ, 1998. – 174 с.
3. Деклараційний патент України на винахід 65099А, Україна, 6 МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Модернізований частотно-часовий метод вимірювання параметрів руху літальних апаратів / Г.В. Альошин, О.В. Коломійцев, Д.П. Пашков. – № 2003054908; Заяв. 29.05.2003; Опубл. 15.03.2004; Бюл. № 3. – 8 с.
4. Коломійцев О.В. Селектор подовжніх мод для лазерної інформаційно-вимірювальної системи / Коломійцев О.В. // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 9 (58). – С. 37-40.

Надійшла до редколегії 3.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.Л. Казаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СЕЛЕКТОР ПРОДОЛЬНЫХ МОД ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫМ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ

О.В. Коломийцев, В.В. Баранник, О.О. Болубаш, С.И. Клевев

Предложено использование многофункционального селектора продольных мод (СПМ) для выделения мод (несущих частот) и комбинаций мод (частот межмодовых биттов) из спектра синхронизированного одномодового многочастотного излучения YAG:Nd 3+ - лазера. Предлагаемое использование СПМ вместе с модернизированным частотно-временным методом измерения (МЧВМИ) в приемно-передающей части лазерной информационно-измерительной системы (ЛИИС) обеспечит многоканальную передачу информации на борт летательного аппарата (ЛА) при одновременном его высокоточном измерении всех шести параметров движения (ВПР) и стойком угловом автосопровождении в широком диапазоне дальностей. При этом, используется лишь один лазер-передатчик. Приведены аналитические и схемотехнические решения. Раскрыт принцип действия СПМ, что предлагается, и приемно-передаточной частицы ЛИИС с МЧЧМВ.

Ключевые слова: лазерное синхронизированное одномодовое многочастотное излучение, летательный аппарат.

MULTIFUNCTION SELECTOR OF LONGITUDINAL MODES FOR LASER INFORMATION-MEASURING SYSTEM WITH MODERNIZED FREQUENCY – TEMPORAL METHOD OF MEASURING

A.V. Kolomitsev, V.V. Barannik, A.A. Bolyubash, S.I. Klivets

The use of multifunction selector of longitudinal modes (SLM) is offered for the selection of modes (bearings frequencies) and combinations of modes (frequencies of the intermode beatings) from the spectrum of the synchronized monomode multifrequency radiation of YAG:Nd 3+ - laser. Use of offered SLF together with modernized frequency – by the temporal method of measuring (MFTMM) in receiving-passing part of laser informatively – measuring system (LIMS) will provide the multichannel passing to information on the side of aircraft (A) at simultaneous his high-fidelity measuring of all of six parameters of motion (MPM) and proof angular autoaccompaniment in the wide range of distances. Thus, one laser-transmitter is utilized only. Analytical and circuit decisions are resulted. Principle of action of offered SLM and receiving-passing part of LIMS is exposed with MFTMM.

Keywords: laser synchronized monomode multifrequency radiation, aircraft.