

ПРИНЦИП ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЛАЗЕРНОЙ ШЕСТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

д.т.н., проф. Г.В. Алёшин, к.т.н. Ю.П. Рондин, к.т.н. А.В. Коломийцев

Представлен принцип повышения точности измерения радиальной составляющей скорости движения летальных аппаратов (ЛА) и научные рекомендации для построения соответствующего канала, использующего частоты межмодовых биений лазерного излучения передатчика шестипараметрической системы с частотно - временным методом (ЧВМ) измерений.

В настоящее время достигнут высокий уровень развития лазерной техники, который открывает широкие возможности для решения задач высокоточного измерения параметров движения (ИПД) ЛА. Такие возможности обусловлены, в первую очередь, использованием в лазерных измерительных системах (ЛИС) источников излучения на лазерах, обладающих большой несущей частотой, высокой спектральной яркостью, монохроматичностью, пространственной и временной когерентностью. Благодаря этому в ЛИС возможно формирование сверхузких диаграмм направленности (ДН) ($\sim 10^{-4}$ рад) и получение больших коэффициентов усиления при сравнительно малых оптических антеннах. Однако наличие больших коэффициентов усиления является препятствием для получения устойчивого автосопровождения ЛА по углам [1, 4]. Лазерные источники излучения позволяют генерировать гигантские по мощности и ультракороткие по длительности импульсы, что обеспечивает высокую точность измерения наклонной дальности [3]. При этом импульсный характер сигнала не позволяет высокоточно измерять радиальную составляющую скорости ЛА. В связи с этим предлагается новый принцип её измерения ЧВМ дополнительно использующий, аналогично радиотехническим системам, предварительную фазовую автоподстройку частоты (ФАПЧ) на частоте межмодовых биений.

Пути повышения отношения сигнал/шум (q), связанные, прежде всего, с применением методов компенсации шумовых составляющих и улучшением энергетических характеристик лазерных передатчиков, дополнить при этом узкополосной фильтрацией, что вносит свои трудности в реализацию системы.

Используемый в ЛИС измеритель частоты Доплера по методу счёта числа пересечений сигналом порога на частоте биений, принимаемого в

шумах, и опорного оптического сигнала не является эффективным, поскольку среднеквадратическая погрешность метода равна

$$\delta v = \sqrt{2\alpha} / (\pi^{3/2} \sqrt{q}), \quad (1)$$

где α – ширина спектра шума на выходе компаратора.

Из (1) следует, что для получения высокой точности на оптической несущей требуется значительное q , либо узкая полоса пропускания. Поэтому при решении проблем синтеза многопараметрических ЛИС весьма перспективным направлением является разработка метода измерения радиальной составляющей скорости движения ЛА $\dot{\mathbf{R}}$, аналогично радиотехническому, с использованием частот межмодовых биений импульсного излучения лазера и их узкополосной фильтрацией. При этом появляется возможность повышения точности измерения доплеровской частоты за счёт использования ФАПЧ при слежении за частотой межмодовых биений принимаемого сигнала и сравнивая её с опорной (Δv_m). $\dot{\mathbf{R}}$ при использовании ЧВМ измерений следующим образом зависит от частоты Доплера ($\Delta v_{\text{мдопл}}$):

$$\dot{\mathbf{R}} = (\Delta v_{\text{мдопл}} C) / \Delta v_m \quad (2)$$

и при реальных данных $\dot{\mathbf{R}} \approx 7 \cdot 10^3$ (м/с) и $C \approx 3 \cdot 10^8$ (м/с) – скорости света, будет составлять $\Delta v_{\text{мдопл}} \approx 2 \cdot 10^3$ (Гц).

При этом погрешность измерения радиальной составляющей скорости движения ЛА $\sigma_{\dot{\mathbf{R}}}$ может быть достаточно мала ввиду высокой стабильности Δv_m и малой погрешности скорости света

$$\sigma_{\dot{\mathbf{R}}} = (\sigma_{\Delta v_{\text{мдопл}}} / \Delta v_m) \cdot C. \quad (3)$$

На рис. 1 представлена одна из возможных структурных схем, реализующих следящий принцип измерения $\Delta v_{\text{мдопл}}$, где сигнал Δv_{Γ} с выхода А управляемого генератора (УГ) подается на вход смесителя (СМ2, рис. 2); Ф – фильтр, ОГ – опорный генератор, вырабатывающий частоту подставки Δv_{Π} .

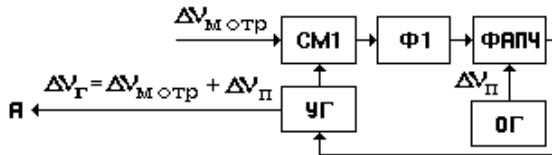


Рис. 1. Структурная схема измерения доплеровской частоты

На рис. 2 приведена структурная схема предлагаемого канала измерения радиальной составляющей скорости ($\dot{\mathbf{R}}$) движения ЛА при реализации ЧВМ измерений. Принцип работы канала заключается в следующем.

На СМ2, подаются сигналы опорной частоты Δv_m и частоты Δv_{Γ}

(вход А от рис. 1). Сигнал разностной частоты $\Delta v_{м\text{отр}} - (\Delta v_{м} - v_{м\text{п}})$, полученный с выхода Ф2, через формирователь импульсов (ФИ), поступает на схему “И”. На счетчик (Сч) проходит пачка импульсов, определяемая мерным интервалом от формирователя (ФМИ). Выделенное дешифратором (ДШ) количество счетных импульсов, пропорциональное частоте $v_{м\text{допл}}$, преобразуется в ЭЦВМ в цифроаналоговый сигнал, который в цифровом виде отображает радиальную скорость наблюдаемого ЛА на цифровом табло блока отображения информации (БОИ).

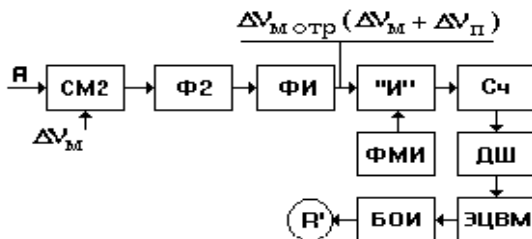


Рис. 2. Канал измерения \dot{R}

Таким образом, обеспечение высоких точностных характеристик ИПД ЛА и их устойчивого автосопровождения, при условии использования ЧВМ измерений, связано с удовлетворением жестких требований, предъявляемых к излучению одномодового многочастотного лазера, т.е. высокоточной синхронизации продольных мод и стабилизации частот межмодовых биений. Введение же ФАПЧ межмодовых биений сужает полосу пропускания $\Pi=\alpha$ и увеличивает отношение сигнал/шум (1), что существенно позволяет повысить точность измерений радиальной скорости в ЛИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёшин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Принципы построения лазерного канала углового автосопровождения объекта по направлению с частотно - временным методом измерений // Системы обработки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 2(6). – С. 104 - 107.
2. Альошин Г.В., Рондін Ю.П., Коломійцев О.В. Принцип підвищення стійкості кутового автосупроводження літальних апаратів у лазерних вимірювальних системах // Зб. наук. праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 7(37). – С. 79 - 81.
3. Алёшин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Построение лазерного канала измерения дальности до объекта // Системы обработки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 2(8). – С. 61 - 63.

Поступила 20.06.2002

АЛЁШИН Геннадий Васильевич, доктор техн. наук, профессор ХИ ВВС. В 1962 году окончил ХВВКУ. Область научных интересов – основы радиоэлектронной системологии.

РОНДИН Юрий Петрович, канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник ХВУ. В 1961 году окончил ХВАИВУ. Область научных интересов – специальные системы контроля и

управления летательными аппаратами.

КОЛОМИЙЦЕВ Алексей Владимирович, канд. техн. наук, старший инженер ИВЦ ХВУ.
В 1993 году окончил ХВВКИУ РВ. Область научных интересов – основы лазерной системологии.
