

ПОСТРОЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДО ОБЪЕКТА

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

Предлагается построение лазерного канала измерения дальности на основе частотно - временного метода, который позволяет реализовать многошкальный метод измерения. Оценивается точность измерения дальности.

Совершенствование лазерных измерительных систем связано с решением целого ряда научно - инженерных задач, в числе которых важное место занимает проблема повышения точности измерения параметров движения объектов [1, 2].

В лазерном канале, используемом для измерения дальности, принцип работы которого основан на использовании частотно - временного метода, частота следования импульсов лазера не может быть малой, поскольку, в противном случае, невозможно будет различать частоты межмодовых биений. Это приводит к тому, что использовать время - импульсный метод на дальностях до и более 20000 км не представляется возможным ввиду неоднозначности измерений. Действительно, при частоте следования импульсов $F_{сл} = 10^8$ Гц интервал однозначных измерений дальности составляет

$$\Delta R_n = 2C \cdot 1/F_{сл} = 6 \text{ (м)}.$$

Для $R = 20000$ км период следования импульсов с точки зрения однозначности измерений ($T_{сл. \text{одн}}$) должен быть

$$T_{сл. \text{одн}} = \frac{\Delta R}{2C} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ (с)} \text{ или } F_{сл} = 15 \text{ Гц}.$$

Низкая частота следования импульсов в спектре излучения лазера в режиме активной синхронизации продольных мод отсутствует. Поэтому предлагается передавать зондирующий импульс методом “бланкирования” излучения или снятием его на малое время ($t_{бл}$ излучения). Снятие излучения на частоте межмодовых биений $\Delta \nu_m$ не может быть короче, чем на

$$t_{сл} = 10^2 \cdot T_{\Delta \nu} = 10^{-6} \text{ с}.$$

Учитывая возможное малое отношение сигнал/шум, погрешность измерения дальности может быть соизмерима с

$$\Delta R_n = 2C \cdot t_{сл} = 600 \text{ м}.$$

При этом может быть реализована лишь грубая шкала измерения. Используя рециркулятор при обработке пачки “бланкирующих” импуль-

сов, можно достичь точности $\Delta R_n < 6\text{ м}$ и разрешить неоднозначность измерений для самой точной шкалы. Погрешность определения дальности в дальномерном канале при условии измерений на частоте межмодовых биений может быть определена

$$\Delta R_n = C \cdot T_{\text{МБ}}/2 = 0,15 \text{ м},$$

где $T_{\text{МБ}} = 10^{-8}$ с - период частоты межмодовых биений.

Так как дисперсия ошибки определения временного интервала равна

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{T_{\text{МБ}}}{q},$$

где q – отношение сигнал/шум, то

$$\sigma_R^2 = C^2 \cdot \sigma_{\tau}^2 = 0,14 \left(\text{м}^2 \right), \quad \sigma_R = 0,3 \text{ (м)}.$$

Принцип работы грубой шкалы канала измерения дальности (R) объекта заключается в следующем.

Выделенная селектором продольных мод (СПМ) [1] из спектра излучения лазера (Л) первая пара частот ν_{54} расщепляется под действием расщепителя (Р) (призмы) на два оптических сигнала (рис. 1):

1) основной - сканируемый дефлектором (Д) под определенным углом (со временем $T_{\text{ск}}$, задаваемым от блока управления дефлекторами (БУД)), проходящий через ключ (К) (для выделения “бланкирующего” импульса (бланк - ноль)) и расщепитель, где происходит выделение дополнительного сигнала (2) - поступает на передающую оптику (ПРДО) и далее на объект;

2) дополнительный (1) - преобразуемый фотодетектором (ФТД) в электрический импульсный сигнал разностной частоты межмодовых биений $\Delta \nu_m$ - поступает на формирователь импульсов ФИ1, где происходит выделение “пачек” импульсов, принимаемых схемой “И”.

Полученный от ФТД (рис. 1), преобразованный дополнительный оптический сигнал частот ν_{54} с “бланкирующими” импульсами в сигнал $\Delta \nu_m$, приобретает четкие границы “бланкирующего” импульса, проходя дифференцирующую оптику (ДО) и усиливается (У). Фильтр с полосой пропускания $\Pi = 1/\tau_n$ (Фп) выделяет из общего сигнала “бланкирующие” импульсы (т.е. формируются импульсные сигналы, которые, проходя дифференцирующую цепочку (ДЦ) и выпрямитель (Вып) \Rightarrow (ФИ=ДЦ+Вып), выделяются в виде одного короткого импульса (импульса начала “бланкирующего”) и поступают на триггер с индексом “1” - включая его.

Отраженный от объекта основной сигнал частот ν_{54} , в сумме с групповым, прошедший приемную оптику (ПРМО), преобразуется ФД в электрический импульсный сигнал $\Delta \nu_m$, усиливается в блоке ШУ, выделяется в резонансном усилителе, как сигнал межмодовой частоты $\Delta \nu_m$ и, проходя через детектор (Дет), преобразуется точно также, как и допол-

нительный электрический сигнал (2) частоты Δv_m , только поступает на триггер с индексом "0", переводя в состояние "0".

Поступающий с триггера сигнал на схему "И", осуществляет периодическое "открытие" и "закрытие" прохода для "пачек" импульсов с ФИ. Эти импульсы подсчитываются счетчиком (Сч) и через электронно-цифровую машину (ЭЦВМ) отображаются в виде числа (R) на блоке отображения информации (БОИ).

Таким образом, происходит измерение наклонной дальности до объекта на грубой шкале. Переход на точную шкалу (генерацию пикосекундных импульсов) осуществляется – сразу же после выключения ключа.

Так как канал измерения наклонной дальности предлагается для построения многопараметрической системы ИПД объектов, то включение и выключение ключа происходит одновременно для пар частот $\nu_{5,4}$ и $\nu_{9,7}$.

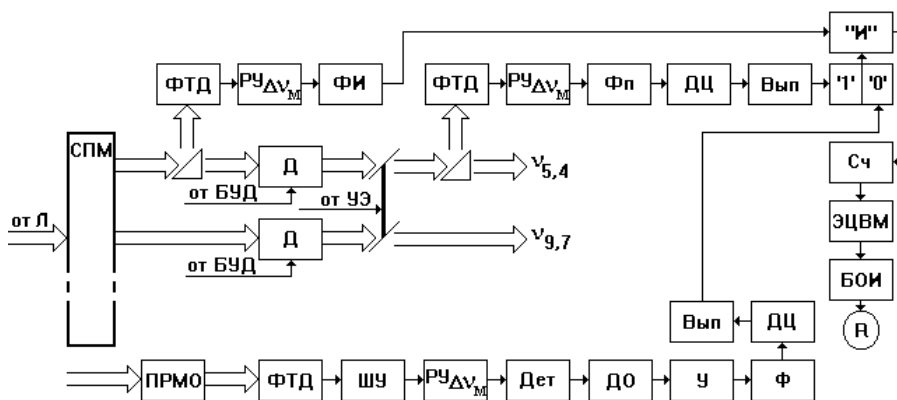


Рис. 1. Функциональная схема лазерного канала измерения дальности (R)

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин Г.В., Рондин Ю.П., Коломийцев А.В. Принципы построения лазерного канала углового автосопровождения объекта по направлению с частотно-временным методом измерений // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1999. – Вып. 2(6). – С. 104 - 107.
2. Коломийцев А.В. Измерение тангенциальной составляющей скорости движения объекта // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1999. – Вып. 1(5). – С. 162 – 166.