

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ РАДИОДАЛЬНОМЕР

Сорочан А.Г.¹, д.т.н., доцент; Добряк Д.А.², к.ф.-м.н.; Заболотний Е.В.¹

¹Донецкий Национальный технический университет,
г. Донецк, Украина;

²Samsung Ukraine Research & Development Centre (SURC) Engineer,
г. Киев, Украина

Проведен краткий анализ широко известных методов измерения дальности [1, 2]: импульсного, частотного, фазового. Отмечаются достоинства и недостатки этих методов. Указывается причина отсутствия в прошлом корреляционных методов измерения дальности. Предлагается к рассмотрению малоизвестный метод измерения дальности на основе J -корреляционной обработки сигнала. Приводится структурная схема радиодальномера [3]. При анализе полагается, что цель движется. В качестве зондирующего сигнала используется непрерывный сигнал с угловой модуляцией несущей частоты w_c с нестабильностью частоты Δw однотональным гармоническим колебанием с частотой Ω и начальной фазой φ_0

$$u(t) = U_0 \cdot \cos[w_c t + \Delta w t + \beta \sin(\Omega t + \varphi_0) + \varphi_1],$$

где β и φ_1 – соответственно, индекс модуляции и начальная фаза зондирующего сигнала.

На первый вход приемника поступает сигнал

$$u_c(t + \tau) = U_0 \cdot \cos[w_c(t + \tau) + \Delta w(t + \tau) + w_a t + \beta \sin[\Omega(t + \tau) + \varphi_0] + \varphi_1 + \varphi_0], \quad (1)$$

который в результате прохождения в пространстве получил временную задержку τ , при отражении от цели – фазовый сдвиг φ_0 , а так как цель движущаяся, то отраженный сигнал получил доплеровский сдвиг частоты w_a .

На второй вход приемника подается сигнал от передатчика, из которого формируется опорное напряжение путем смещения частоты вниз на величину w_a с последующей задержкой на время θ_x в калиброванной регулируемой линии задержки (РЛЗ)

$$u_c(t + \theta_x) = U_0 \cdot \cos[(w_c + \Delta w - w_a)(t + \theta_x) + \beta \sin[\Omega(t + \theta_x) + \varphi_0] + \varphi_1]. \quad (2)$$

В результате перемножения сигнала (1) и опорного колебания (2) вблизи частоты w_a формируется сигнал

$$\begin{aligned} u_1(t) &= U_1 \cdot \cos\{(w_a + w_a)t + 2\beta \sin[0,5\Omega(\tau - \theta_x)] \cos[\Omega t + 0,5\Omega(\tau + \theta_x) + \varphi_0] + \varphi'\} = \\ &= U_1 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta') \cdot \cos\{(w_a + w_a + n\Omega)t + n[0,5\Omega(\tau + \theta_x) + \varphi_0] + \varphi'\} \end{aligned}$$

где $J_n(\beta')$ и $\varphi' = (w_c + \Delta w)(\tau - \theta_x) + w_a \theta_x + \varphi_0$ – соответственно, функция Бесселя n -го порядка от аргумента β' и некоторая фаза сигнала.

Из результата автокорреляционной свертки спектров сигналов $u_1(t)$ и $u_1(t + \tau_1)$ как результат перемножения составляющих n -го порядка со спектральными составляющими $(n + 1)$ и $(n - 1)$ фильтром УПФ с центральной частотой Ω выделяется сигнал

$$u_2(t) = U_2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta') J_{(n-1)}(\beta') \cdot \cos(w_a \tau_1) \cdot \cos[\Omega t + \varphi_0],$$

который представляет собой гармоническое колебание с частотой Ω и не зависит: от радиальной скорости цели, от фазового сдвига φ_0 , полученного при отражении от цели, от нестабильности частоты передатчика. Отмечается, что отсчет дальности производится изменением временной задержки θ_x в РЛЗ до момента установления равенства $u_2(t) = 0$. Анализируется режим работы радиодальномера в окрестность экстремальной точки, приводится крутизна характеристики.

Рассматриваются особенности построения таких систем. Максимальная дальность измерения определена равенством $D_{\max} = \frac{\pi c}{2\Omega}$ [4]. Приводит-

ся соотношение $\sigma'_\tau = \frac{1,15}{\left(\frac{U_c}{\sigma_{ш}}\right)^2 \beta \Omega} \sqrt{\frac{\Delta z}{2\Delta\Omega}}$, дающее оценку точности изме-

рения дальности, в котором $\frac{U_c}{\sigma_{ш}}$ – входное отношение сигнал/шум; Δz и $\Delta\Omega$ – полосы пропускания выходного (узкополосного) фильтра и линейного тракта приемника. Отмечается, что точность измерения зависит от параметров зондирующего сигнала: индекса модуляции, модулирующей частоты, которые определяют ширину спектра зондирующего сигнала. Установлено, что значение индекса модуляции в зондирующем сигнале ограничено. Приводятся графические зависимости точности измерения дальности в зависимости от входного соотношения сигнал/шум, частоты модуляции зондирующего сигнала.

Литература

1. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник / [Белінський В.Г., Васюк Г.І., Вунтесмері В.С. и інш.]; за ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. – К.: Вища школа, 1999. – 838с.
2. Теоретические основы радиолокации / [Коростелев А.А., Клюев Н.Ф., Мельник Ю.А. и др.]; под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Советское радио, 1978. – 608с.
3. Патент 70379 Україна, G01S 13/34, G01S 13/40. J -кореляційний спосіб вимірювання далькості і пристрій, який його реалізує / Сорочан А.Г., Лігінов С.М., Литвиненко В.І. – № 2002010718; заявл. 29.01.2002; опубл. 15.10.2004, – Бюл. № 10.
4. Сорочан А.Г. Радіодальномер на основі J -корреляційного методу обробки сигналу (метод мінімуму) / А.Г. Сорочан // Технологія і конструювання в електронній апаратурі. – 2005. – № 1. – С. 18 – 21.