

К. т. н. А. Г. СОРОЧАН

Украина, г. Донецк, НИИ комплексной автоматизации
E-mail: niika@dn.farlep.net

Дата поступления в редакцию
10.09 2004 г.

Оппонент д. т. н. В. В. ДАНИЛОВ
(ДонНУ, г. Донецк)

ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ В J-КОРРЕЛЯЦИОННОМ МЕТОДЕ ПЕЛЕНГАЦИИ

На основании анализа обрабатываемого сигнала и особенностей J-корреляционного метода пеленгации определены соотношения для расчета временных задержек линий пеленгационного устройства.

В [1] предложен J-корреляционный метод пеленгации, для реализации которого необходимо использовать три линии задержки. Оптимизация временных задержек в этих линиях определяет возможность достижения как предельных характеристик метода, так и полного использования его функциональных возможностей.

Цель настоящей работы — получить расчетные соотношения и разработать алгоритм расчета временных задержек в линиях задержки J-корреляционного метода пеленгации.

Структурная схема опорного и регулируемого каналов J-корреляционного метода пеленгации приведена на рисунке [2], где РЛЗ — калиброванная регулируемая линия задержки на время θ_x ; ФЛЗ — фиксированная линия задержки с постоянной времени θ_1 ; СМ — смеситель; Г — высокостабильный генератор; ЛЗ — линия задержки с постоянной времени τ_1 ; X1, X2 и X3 — первый, второй и третий множители; РПФ1, РПФ2 — первый и второй режекторно-полосовые фильтры.

Метод использует два канала обработки сигнала. В первом, опорном канале (РЛЗ, СМ, Г, ЛЗ и X2) для формирования опорного сигнала используется линия задержки ЛЗ. В [3] показано, что при приеме сигнала, модулированного по частоте гармоническим колеба-

нием частотой Ω и индексом модуляции β , спектр выходного сигнала опорного канала при подавленной фильтром РПФ1 несущей описывается выражением

$$U_1'(t) = U_1 \left\{ \sum_{n=-\infty}^{-1} J_n(\beta') \cos[(W_\Gamma + n\Omega)t + \varphi_1' + \varphi_n'] + \sum_{n=1}^{\infty} J_n(\beta') \cos[(W_\Gamma + n\Omega)t + \varphi_1' + \varphi_n'] \right\}, \quad (1)$$

где U_1 — амплитуда сигнала;

$J_n(\beta')$ — функционал Бесселя n -го порядка;

β' — вновь сформированный опорным каналом индекс модуляции, $\beta' = 2\beta \sin(0,5\Omega\tau_1)$;

W_Γ — несущая частота (частота генератора Г);

$\varphi_1' = (W - W_\Gamma)\tau_1$;

W — несущая частота сигналов, действующих на входах РЛЗ и ФЛЗ;

$\varphi_n' = n[\varphi - \Omega(\theta + 0,5\tau_1)]$;

φ — начальная фаза модулирующего сигнала.

Во втором, регулируемом канале (РЛЗ, ФЛЗ, СМ, Г, ЛЗ и X1) путем свертки перемножаемых в X1 спектров сигналов формируется регулируемый сигнал, спектр которого при подавленной несущей фильтром РПФ2 описывается выражением

$$U_1''(t) = U_1 \left\{ \sum_{n=-\infty}^{-1} J_n(\beta'') \cos[(W_\Gamma + n\Omega)t + \varphi_1'' + \varphi_n''] + \sum_{n=1}^{\infty} J_n(\beta'') \cos[(W_\Gamma + n\Omega)t + \varphi_1'' + \varphi_n''] \right\}, \quad (2)$$

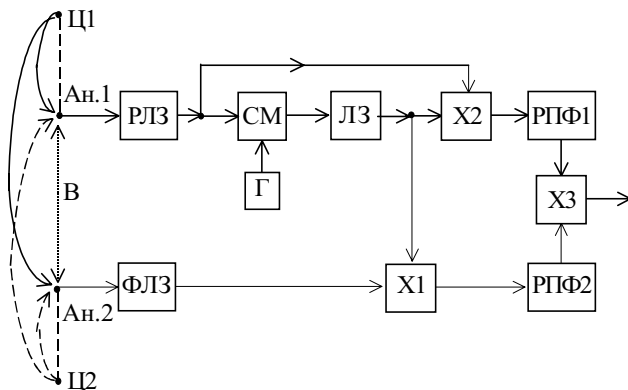
где β'' — индекс модуляции, формируемый регулируемым каналом, $\beta'' = 2\beta \sin[0,5\beta\Omega(\theta_x + \tau_1 - \theta_1 + \tau)] = 2\beta \sin(0,5\Omega\tau_{\text{отн}})$ ($\tau_{\text{отн}}$ — относительная временная задержка входных сигналов множителя X2);

$\varphi_1'' = W(\theta_x + \tau_1 + \tau - \theta_1) - W_\Gamma(\theta_x + \tau_1)$;

$\varphi_n'' = n[\varphi - 0,5\Omega(\theta_x + \varphi_1 - \theta_1 + \tau)]$.

Из результата перемножения спектральных составляющих $J_{-n}(\beta')$ и $J_n(\beta'')$ при $n \in [-\infty, -1; 1, \infty]$ сигналов опорного и регулируемого каналов на частоте $2W_\Gamma$ выделяется сигнал взаимно корреляционной свертки, относительное значение которого есть пеленгационная характеристика J-корреляционного метода пеленгации, которая описывается выражением [2]

$$f(\theta, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} J_n(\beta') J_n(\beta''). \quad (3)$$



Поведение пеленгационной характеристики определяется функционалом Бесселя $J_n(\beta'')$, пределы изменения которого определяются максимальной пространственной временной задержкой $\tau_{\text{макс}} = B/c$ (B — базовое расстояние между антеннами, c — скорость распространения радиоволны в свободном пространстве) входных сигналов.

В малобазовой пеленгации измерение пространственной временной задержки производится при небольших изменениях относительной временной задержки $\tau_{\text{отн}}$, а следовательно, и нешироких изменениях индекса модуляции β'' . В этом случае поведение пеленгационной характеристики будет определяться функционалом Бесселя первого порядка $J_1(\beta'')$. Тогда из (3) следует очевидный вывод, что величина временной задержки τ_1 в ЛЗ выбирается из условия обеспечения максимального значения функционала $J_1(\beta')$. Максимум функционала определится через его производную, которая имеет вид

$$J_1'(\beta') = 0,5 [J_0(\beta') - J_2(\beta')] \Omega \beta \cos(0,5\Omega\tau_1). \quad (4)$$

Из этого следует, что $J_1(\beta')$ достигает своего максимального значения при индексе модуляции $\beta' = 1,95$. Тогда из равенства $\beta' = 2\beta \sin(0,5\Omega\tau_1)$ получим:

$$\tau_1 = \frac{2}{\Omega} \arcsin\left(\frac{1,95}{2\beta}\right). \quad (5)$$

Переходя к оценке значения временной задержки в ЛЗ на обобщенный случай при приеме сигнала, модулированного по частоте сложным напряжением, выразим исходные индексы модуляции, модулирующие частоты через эквивалентные параметры сигнала. Эквивалентными параметрами будем считать параметры модулирующего гармонического напряжения частотой $\Omega_{\text{экр}}$, которое при индексе модуляции $\beta_{\text{экр}}$ формирует спектр шириной $\Delta\Omega$, равный ширине спектра входного сигнала. При модулирующей частоте $\Omega_{\text{экр}} = 0,5\Delta\Omega$ эквивалентный индекс модуляции

определится равенством $\beta_{\text{экр}} = \frac{\Delta\Omega}{\Omega_{\text{экр}}} = 2$. В таком случае полученное выражение упрощается и запишется в виде

$$\tau_1 = \frac{2\pi}{3\Delta\Omega}. \quad (6)$$

При построении пеленгатора с большим базовым расстоянием изменение задержки $\tau_{\text{отн}}$ велико. Поведение функционала $J_n(\beta'')$ неоднозначно, поэтому основным требованием является однозначность пеленгационной характеристики. В этом случае равномерность характеристики достигается при выполнении равенства $\sin(0,5\theta_{\text{экр}} \tau_1) = 1$, откуда

$$\tau_1 = \frac{\pi}{\Omega_{\text{экр}}}. \quad (7)$$

Для определения предельных значений временных задержек других линий воспользуемся структурной схемой (см. рис.), на которой отображены источники излучения Ц1 и Ц2. Положение этих источников относительно антенной системы Ан.1 и Ан.2 задает максимальную пространственную временную задержку $\tau = \tau_{\text{макс}} = B/c$. При положении источника сигнала в точке Ц1 для обеспечения равенства $\tau_{\text{отн}} = 0$ значение временной задержки в РЛЗ должно принять максимальное значение, т. е. $\theta_x = \theta_{\text{макс}}$, при этом выполняется равенство

$$\theta_{\text{макс}} + \tau_1 = \tau_{\text{макс}} + \theta_1. \quad (8)$$

При положении источника сигнала в точке Ц2 значение задержки в РЛЗ будет минимальным, т. е. $\theta_x = \theta_{\text{мин}}$, и условие, при котором $\tau_{\text{отн}} = 0$, запишется в виде

$$\theta_{\text{мин}} + \tau_1 + \tau_{\text{макс}} = \theta_1. \quad (9)$$

Из последних равенств следует, что максимальное изменение временной задержки в РЛЗ определится равенством $\Delta\theta = 2\tau_{\text{макс}}$, тогда среднее значение временной задержки РЛЗ (при условии равенства нулю ее начального значения) $\theta_{\text{ср}} = \tau_{\text{макс}}$. Тогда из условия равносигнального направления, когда $\tau = 0$, определяем значение временной задержки в ФЛЗ как

$$\theta_1 = \tau_{\text{макс}} + \tau_1. \quad (10)$$

Таким образом, проведенный анализ позволяет предложить следующий алгоритм расчета временных задержек в J-корреляционном методе пеленгации.

1. По известному базовому расстоянию B определяется максимальная пространственная временная задержка $\tau_{\text{макс}}$.
2. Определяется максимальный предел изменения временной задержки, которую должна обеспечить калиброванная РЛЗ, как $\Delta\theta_{\text{макс}} = 2\tau_{\text{макс}}$.
3. По параметрам входного сигнала $\Omega_{\text{экр}}$ и $\beta_{\text{экр}}$ определяется временная задержка τ_1 линии ЛЗ.
4. По известным значениям временных задержек $\tau_{\text{макс}}$ и τ_1 определяется временная задержка θ_1 линии ФЛЗ.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Пат. 42816А Украины. Спосіб вимірювання тимчасової затримки модульованого сигналу при його проходженні окремими каналами розповсюдження та пристрій для його здійснення / А. Г. Сорочан, В. І. Литвиненко, С. М. Лігінов.— 2001.— Бюл. № 10.
2. Сорочан А. Г. Второй способ J-корреляционного метода пеленгации // Изв. вузов. Радиоэлектроника.— 2003.— № 10.— С. 53—60.
3. Сорочан А. Г. J-корреляционный метод пеленгации // Изв. вузов. Радиоэлектроника.— 2001.— № 11.— С. 57—65.