

АНАЛИЗ ТЕЛ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРОСТЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ РАДИОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Карташов В. М., Волох А. В., Пашенко С. В., Маньков Е. Ю.
 Харьковский национальный университет радиоэлектроники
 каф. радиоэлектронных систем
 пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина
 тел. +38-057-70-21-587, e-mail: res@kture.kharkov.ua

Аннотация — Введено понятие функции неопределенности для рассеянных сигналов систем радиоакустического зондирования атмосферы. Получены тела неопределенности простых зондирующих сигналов. Приводится пример анализа потенциальной точности определения параметров атмосферы по виду и характеру изменения тел неопределенности заданных сигналов в зависимости от величины расстройки условия Брэгга, при которой формируется рассеянный сигнал.

I. Введение

Повышение эффективности работы радиотехнических систем неразрывно связано с усовершенствованием алгоритмов обработки принимаемых сигналов. Радиоакустические системы зондирования атмосферы, использующие рассеяние электромагнитных волн на звуковой посылке, распространяющейся в свободной атмосфере, имеют ряд характерных особенностей, что делает такую задачу еще более интересной и сложной одновременно.

Специфика радиоакустических систем заключается, прежде всего, в особенности объекта локации, который представляет собой объемно-распределенную цель, характеристики которой непрерывно меняются на трассе распространения и интегральным образом связаны с измеряемыми параметрами атмосферы.

Применяемые в настоящее время в системах радиоакустического зондирования атмосферы алгоритмы обработки рассеянных сигналов не полностью учитывают специфику процесса взаимодействия звуковой волны с электромагнитным сигналом. Поэтому возникает задача получения алгоритмов обработки сигналов радиоакустических систем, которые должны учитывать преобразование радиоволны в канале и позволять осуществлять качественные измерения параметров атмосферы не только при выполнении условия Брэгга, но и при $q \neq 0$ (q — параметр расстройки), а также в случае использования сложных зондирующих колебаний.

II. Основная часть

Задача повышения точности измерения параметров атмосферы радиоакустическими системами должна решаться путем создания более эффективных алгоритмов обработки рассеянных радиосигналов.

Как показано в [1, 2], способ решения возникших трудностей, описанных ранее, возможен при использовании корреляционных устройств обработки, в которых опорные колебания в различных точках диапазона оцениваемого параметра отличаются видом, формой. Анализ получаемых таким образом оценок необходимо осуществлять с использованием функции неопределенности, которая также имеет ряд характерных отличий. Выражение для функции неопределенности сигналов радиоакустических систем имеет вид:

$$\Psi(r_d, q) = \int_{-\infty}^{\infty} F_y(r, q_0) \cdot F^*(r - r_d, q) dr, \quad (1)$$

где $q = 2k_e - k_s$ — параметр расстройки условия Брэгга; k_s — волновое число для звука; k_e — волновое число; r — смещение сигналов по координате «дальность»; q_0 — величина расстройки условия Брэгга, при котором формируется рассеянный сигнал; r_d — относительное смещение принимаемого и опорного сигналов по дальности.

Форма опорного F и рассеянного F_y сигналов может быть найдена с помощью функции рассеяния [2]

$$F(r, q) = \int_{-\infty}^{\infty} E(2r'-r) S^*(r') e^{jq'r'} dr',$$

где $E(2r'-r)$ — пространственная огибающая радиосигнала; $S(r')$ — пространственная огибающая акустического сигнала.

Модуль интеграла формулы (1), представленный в графическом виде, — тело неопределенности. Как нетрудно заметить, характер тела неопределенности будет меняться в зависимости от величины расстройки условия Брэгга, относительного смещения сигналов вдоль пространственной координаты и значения величины q_0 , при которой формируется рассеянный сигнал. Существенное отличие рассматриваемой функции неопределенности заключается в том, что для различных значений величины расстройки условия Брэгга q_0 , при котором формируется рассеянный сигнал, структура тела неопределенности будет различной, даже в случае использования одной и той же пары зондирующих акустического и электромагнитного колебаний.

На рис. 1 и 2 представлены тела неопределенности пары простых акустического и электромагнитного сигналов с прямоугольными огибающими для различных значений параметра расстройки условия Брэгга $q_0 = 0$ и $q_0 = 0.6$ соответственно.

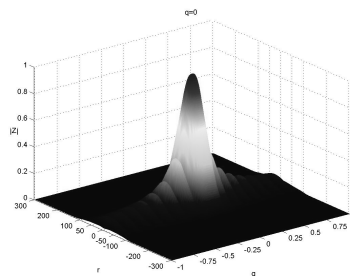


Рис. 1. Тело неопределенности радио и звукового сигналов с прямоугольными огибающими для $q_0 = 0$.

Fig. 1. The ambiguity body of the acoustic and radio signals with a rectangular envelope for the $q_0 = 0$

Вид тела неопределенности, количество и характер его центрального и боковых пиков, дает возможность оценить перспективность использования тех или иных зондирующих сигналов с точки зрения получения наиболее точных данных о параметрах атмосферы.

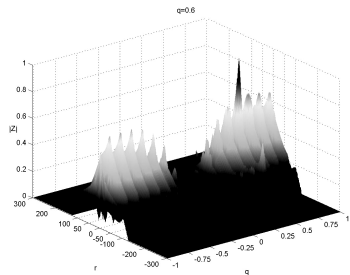


Рис. 2. Тело неопределенности зондирующих сигналов с прямоугольными огибающими для $q_0 = 0.6$.

Fig. 2. The ambiguity body of the acoustic and radio signals with a rectangular envelope for the $q_0 = 0.6$

Из представленных рисунков видно, насколько сильно меняется характер функции неопределенности даже при незначительных изменениях параметра q для простых радиоакустических сигналов с прямоугольными огибающими. Вид тела неопределенности изменяется не только вдоль координат r и q , но и в зависимости от величины расстройки условия Брэгга q_0 , при котором формируется рассеянный сигнал. Это значит, что выбор зондирующих сигналов для радиоакустических систем должен осуществляться не только по анализу «классического» вида тела неопределенности для $q_0 = 0$, но и с учетом изменения функции неопределенности при значениях $q_0 \neq 0$.

Более острый пик главного максимума тела неопределенности простых радиоакустических сигналов для случаев $q \neq 0$ позволяет сделать вывод о повышении точности определения параметров атмосферы при увеличении расстройки условия Брэгга. Существенным здесь является то, что такая характеристика будет справедлива только при использовании описанного в [1] корреляционного метода обработки принятых сигналов. Для классических алгоритмов обработки существенным является вид тела неопределенности только для условия $q_0 = 0$, поскольку изменение тонкой структуры рассеянного радиосигнала в них никак не учитывается и приводит только к увеличению систематической погрешности измерения метеопараметров с увеличением величины расстройки условия Брэгга.

III. Заключение

Применение корреляционного алгоритма обработки принятых колебаний в радиоакустических системах позволяет исключить систематическую погрешность измерения параметров атмосферы, связанную с особенностями рассеяния электромагнитной волны на акустической посылке. Использование функции неопределенности, получение и анализ тел неопределенности различных радиоакустических сигналов является мощным и перспективным средством исследования зондирующих колебаний на первоначальном этапе проектирования рассматриваемых радиотехнических систем, позволяющим исключить дорогостоящие натурные эксперименты.

IV. Список литературы

- [1] Карташов В. М., Волох А. В., Радионова В. В. Тела неопределенности зондирующих сигналов систем радиоакустического зондирования атмосферы // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — Харьков, 2007, № 125, с. 25 — 31.
- [2] Карташов В. М. Функции рассеяния сигналов систем зондирования атмосферы // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — Харьков, 2001, №118, с. 61 — 65.

AMBIGUITY BODIES ANALYSIS FOR SIMPLE SOUNDINGS SIGNALS OF RADIOACOUSTIC SYSTEMS

Kartashov V. M., Voloh A. V.,
Pashchenko S. V., Mankov E. J.
Kharkov National University of Radioelectronics
Lenin Ave., 14, Kharkov, 61166, Ukraine
Ph.: 380577021587, e-mail: res@kture.kharkov.ua

Abstract — The article suggests a notion of ambiguity function for scattered signals of radioacoustic atmosphere sounding. The ambiguity bodies of simple probing signals are procured. The article gives an analysis of potential accuracy of atmosphere characterization by the type and nature of changes in ambiguity bodies of posed signals, depending on the value of detuning of Bragg condition, in which a scattered signal is formed.

I. Introduction

Existing algorithms for processing of scattered signals, currently used in radioacoustic atmosphere sounding systems, do not fully take into account the specific interaction of sound waves with the electromagnetic signal. Therefore, this activates the task of obtaining of such signal processing algorithms for radio systems which must consider the conversion of radio waves in the channel and allow the qualitative atmosphere measurement not only in cases, satisfying Bragg conditions, but with $q \neq 0$, as well as with the use of complex sounding fluctuations.

II. Main Part

Reducing of systematic errors of measurement of atmospheric parameters is possible with the use of multicorrelation processing devices, at the bottom of which lies the notion of the ambiguity function.

Graphical view of the function - the ambiguity body is an integral module of formula (1). The parameters of the ambiguity body vary, depending on the value of detuning Bragg conditions, on the relative signal displacement along the spatial coordinate and on the values of q_0 , in which scattered signal emerges. A significant difference of the suggested ambiguity function is that for different detuning values of Bragg q_0 conditions, in which a scattered signal emerges, the structure of the body of ambiguity is different even if the same pair of sounding acoustic and electromagnetic oscillations is used.

Figures 1 and 2 present the ambiguity bodies of simple acoustic and electromagnetic signals with a rectangular envelope for different values of detuning Bragg conditions $q_0 = 0$ and $q_0 = 0.6$, respectively. Fig. 1, 2 demonstrate significant change in the parameters of the function of ambiguity even with minor changes of q for simple radioacoustic signals with rectangular envelope, which must be taken into account, designing a device for processing of scattered waves.

III. Conclusion

The application of multicorrelation algorithm of oscillation processing in radio systems allows avoiding systematic errors in the measurement of atmospheric parameters which are associated with peculiar scattering of electromagnetic waves on the acoustic premise. The use of ambiguity function and the analysis of ambiguity bodies of various radioacoustic signals is a powerful and promising tool for the selection of probing fluctuations at the initial stage of such radio systems design which helps to avoid costly full-scale experiments.