

СИНТЕЗ ДИСКРИМИНАТОРА СИСТЕМ РАДИОАКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Карташов В. М., Куля Д. Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, пр. Ленина 14, Украина
тел.: 702-10-13, e-mail: d.kylyay@mail.ru

Аннотация — Известные системы радиоакустического зондирования (РАЗ) атмосферы характеризуются систематическими погрешностями определения скорости звука в атмосфере, т.к. построены как измерители доплеровской частоты. Оценка скорости звука осуществляется в схемах многоканальной корреляционной обработки радиосигнала. Для упрощения существующих систем РАЗ атмосферы за счет уменьшения количества каналов коррелятора в схемах многоканальной корреляционной обработки и повышения показателей точности оценок, получаемых такими системами, синтезирован дискриминатор энергетического информационного параметра систем РАЗ атмосферы, который учитывает изменение формы радиосигнала при рассеянии на звуковой посылке и зависимость энергии рассеянного радиосигнала от величины скорости звука.

I. Введение

Большинство известных систем РАЗ атмосферы предназначены для измерения температуры воздуха, которая функционально связана со скоростью звука в среде [1]. В известных системах РАЗ скорость звука определяется по доплеровскому сдвигу частоты электромагнитных колебаний, рассеянных на звуковой посылке. Поэтому методы обработки сигналов в системах радиоакустического зондирования атмосферы построены как измерители доплеровской частоты. Для выделения и измерения доплеровской частоты в настоящее время в системах РАЗ атмосферы реализованы схемы многоканальной корреляционной обработки радиосигнала. Однако оценивание скорости звука при использовании таких схем в системах РАЗ атмосферы, построенных как измерители доплеровской частоты, характеризуется наличием значительных по величине систематических погрешностей (по температуре величина погрешности достигает единиц градусов) [1,2,3] и необходимостью генерировать опорные сигналы, число которых соответствует количеству каналов коррелятора. В докладе рассматривается синтез дискриминатора системы РАЗ атмосферы, который позволит уменьшить количество необходимых каналов корреляционной обработки и уменьшить систематическую погрешность.

II. Синтез дискриминатора систем РАЗ

Для упрощения существующих систем РАЗ атмосферы, необходимо обеспечить их работу в следящем режиме. В соответствии с этим ставится задача синтеза дискриминатора следящей системы, учитывающего особенности формирования отраженного радиосигнала при радиоакустическом зондировании.

Апостериорное распределение информативного параметра a радиосигнала систем РАЗ имеет вид

$$P(a|y) = c'' P(a) \exp \left[-\frac{1}{N_0} \int_0^T y(t) u_c(t, a) dt \right] \exp \left[-\frac{E_a}{N_0} \right], \quad (1)$$

где c'' – константа, определяющая масштаб по оси ординат; $E_a = \int_0^T u_c^2(t, a) dt$ – энергия сигнала при

данном значении сообщения a ; $y(t)$ – смесь полезного сигнала и помехи на входе устройства обработки и воспроизведения информативного параметра a ; $u_c(t, a)$ – сигнал произвольной формы, известный в месте приема точно, за исключением неизвестного информативного параметра a с априорным распределением $P(a)$. Для широкого класса локационных задач (в том числе задач измерения скорости объектов по доплеровской частоте) и используемых сигналов полагается, что форма сигнала $y(t)$ не отличается от формы опорного сигнала $u_c(t, x)$, а величина E_a полагается не зависящей от информативного параметра a , в процессе формирования искомой оценки она не учитывается и включается в константу c'' . Однако в системах РАЗ атмосферы указанное условие не выполняется. Во-первых, рассеяние радиоволны на звуке является частотно-зависимым: уровень рассеянного радиосигнала зависит от скорости звука, которую необходимо оценить, а во-вторых, при рассеянии на звуке существенно изменяется структура излучаемого радиосигнала, который приобретает в процессе рассеяния дополнительную амплитудную и угловую модуляцию.

Для того, чтобы обеспечить работу системы РАЗ в следящем режиме и при этом формировать оценки информативного параметра без систематической ошибки необходимо, чтобы работа дискриминатора следящей системы РАЗ полностью соответствовала выражению (1), т.е. обязательно следует принимать во внимание не только член, содержащий корреляционный интеграл, но и член, содержащий энергию принимаемого сигнала $\exp(-E_a/N_0)$. Таким образом, дискриминатор должен учитывать изменение структуры радиосигнала при его взаимодействии с акустическим колебанием. Форма рассеянного радиосигнала может быть определена с использованием функции рассеяния [3]. Для оценки скорости звука в качестве информационного параметра целесообразно использовать величину расстройки условия Брэгга $q = 2k_e - k_s$, которая функционально связана со скоростью звука c_s (здесь k_e, k_s – волновые числа радиоволны и звуковой волны соответственно). Значение c_s определяется согласно выражению

$$c_s = \frac{2\pi \cdot f_s}{4\pi \cdot f / c - q},$$

При формировании опорных сигналов необходимо учитывать, что энергия формируемых сигналов зависит от значения q , т.е. параметр q является энергетическим параметром. Оценивание скорости звука по энергетическому параметру сигнала достаточно непривычно, поскольку в радиолокации утвердилась точка зрения, что определение скорости движения объекта осуществляется посредством оценки

неэнергетических параметров сигнала, чаще всего частоты колебания.

На рис. 1 представлена структурная схема оптимального дискриминатора информационного параметра систем РАЗ атмосферы. Схема состоит из двух корреляторов и трех вычитающих устройств. В качестве опорных сигналов $F(q)$ корреляторов подаются сигналы, формирующиеся с использованием функции рассеяния, что позволяет учитывать изменение структуры радиосигнала системы РАЗ. В вычитающих устройствах 1 и 2 осуществляется коррекция сигналов на выходе корреляторов в соответствии с энергией опорных сигналов E_q . Скорректированные сигналы обрабатываются в вычитающем устройстве 3, на выходе которого в результате формируется сигнал, описываемый выражением

$$\int_0^T F(q_m)F(q_1)dt - \int_0^T F(q_m)F(q_2)dt - (E_{q_1} - E_{q_2}) = u,$$

где $F(q_m)$ – радиосигнал, полученный с некоторого уровня трассы зондирования, характеризующийся неизвестным значением параметра расстройки условия Брэгга q_m ; q_1, q_2 – значения расстройки условия Брэгга опорных сигналов, отличающиеся на величину 2Δ , где Δ выбирается в зависимости от требуемой длины и крутизны линейного участка дискриминационной характеристики.

Дискриминационная характеристика в данном случае показывает зависимость напряжения u на выходе дискриминатора от разницы $q_m - q_0$, где q_0 – расстройка условия Брэгга на предыдущем уровне трассы зондирования.

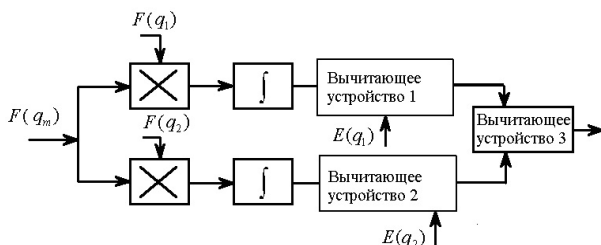


Рис. 1. Дискриминатор информационного параметра q систем РАЗ атмосферы.

Fig. 1. The q information parameter discriminator of the atmosphere RAS systems

III. Заключение

В докладе синтезирован дискриминатор информационного параметра систем РАЗ атмосферы. В результате синтеза получена схема устройства, позволяющего производить оценки информационного параметра без систематической ошибки, свойственной системам РАЗ, построенным как измерители доплеровской частоты. Устранение систематической погрешности достигается за счет формирования опорных сигналов дискриминатора в соответствии с математическими преобразованиями, которым сигнал подвергается в локационном информационном канале. Опорные сигналы формируются с использованием функции рассеяния. Значения корреляционных интегралов в дискриминаторе корректируются с учетом энергии формируемых опорных сигналов.

IV. Список литературы

- [1] *Каллистратова М. А., Кон А. И.* Радиоакустическое зондирование атмосферы. – М.: Наука, 1985. 200 с.
- [2] *Карташов В. М.* Функции рассеяния сигналов систем зондирования атмосферы // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Харьков, 2001, №118, с. 61-65.
- [3] *Карташов В. М.* Модели и методы обработки сигналов систем радиоакустического и акустического зондирования атмосферы. – Харьков: ХНУРЭ, 2011. 233 с.
- [4] *Дымова А. И., Альбац М. Е., Бонч-Бруевич А. М.* Радио-технические системы. М.: Сов. радио, 1975. с 114.

THE DISCRIMINATOR SYNTHESIS OF THE ATMOSPHERIC RADIO ACOUSTIC SENSING SYSTEMS

Kartashov V. M., Kulia D. M.
 Kharkov National University of Radio Electronics
 14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
 702-10-13, e-mail: d.kylay@mail.ru

Abstract — To simplify existing radioacoustic systems by the number reducing of the correlator channels in the multichannel correlation processing schemes and to increase the estimation accuracy obtained by such systems, it is synthesized the energy information parameter discriminator of radioacoustic systems. The discriminator takes into account the scattered radio signal energy dependence on the sound speed and radiosignal shape change in the scattering on the sound premise.

I. Introduction

In known systems, the speed of sound is determined by the Doppler frequency shift of electromagnetic oscillations which are scattered on the sound premise. To isolate and measure the Doppler frequency in the radioacoustic system it is realized the multichannel correlation processing scheme of radiosignal, which gives the estimation with systematic error. In the multichannel scheme it is necessary to generate the reference signal number equal to the Number of channels. The report discusses the synthesis of the radioacoustic system discriminator, which will reduce the number of required correlation channels and eliminate the systematic error.

II, III. Main Part

To simplify the existing systems it is necessary to ensure the system in tracking mode. You must synthesize the tracking system discriminator, taking into account the peculiarities of the reflected signal when the radio acoustic sounding is performed.

The block diagram of the optimum discriminator of the atmospheric radioacoustic sensing systems is shown in Fig. 1. The scheme consists of two correlators and three subtractors. Discriminator reference signals are formed using the scattering function. Subtractor 1 and 2 perform the signal correction at the output of the correlators in accordance with the energy of the reference signals. Subtractor 3 finds the difference between the voltages of discriminator channels. The discriminator output signal is described by the expression

$$\int_0^T F(q_m)F(q_1)dt - \int_0^T F(q_m)F(q_2)dt - (E_{q_1} - E_{q_2}) = u$$

III. Conclusion

The information parameter discriminator of the atmospheric radioacoustic sensing systems is synthesized in the report. Discriminator allows making assessments without any systematic error which is available on the systems built as a Doppler frequency meters. Elimination of systematic errors is achieved by forming the discriminator reference signals in accordance with the transformations of signal in the radar acoustic channel. The reference signals are formed in accordance with the scattering function. The correlation integral values in the discriminator are corrected in accordance with the energy of the generated reference signals.