

ШУМОВОЙ РАДИОЛОКАТОР 8мм ДИАПАЗОНА ВОЛН СО СПЕКТРАЛЬНОЙ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛА

Мясин Е.А., Ильин А.Ю., Котов В.Д., Чмиль А.И.

Институт радиотехники и электроники РАН,
пл. Введенского 1, Фрязино, Московской обл. 141190, Россия
Тел.: 526-91-54; e-mail: eam168@ms.ire.rssi.ru

Шумовой радиолокатор со спектральной обработкой сигнала, предложенный в работе [1], в традиционном варианте исполнения для определения дальности и радиальной скорости объекта содержит в своём составе два анализатора спектра (АС).

Первый АС – высокочастотный, с помощью которого производится анализ спектра суммарного сигнала (отражённого от объекта и опорного – образца излучённого) на несущей частоте. Как показано в [1], если расстояние L до объекта $L > c/2F$, c – скорость света, а F – ширина спектра зондирующего шумового сигнала, то при сложении отражённого от объекта и опорного сигналов в сумматоре происходит их некогерентная интерференция, сопровождающаяся возникновением периодической неравномерности в спектре суммарного сигнала с периодом Δf . Она однозначно определяет расстояние до объекта: $L = c/2\Delta f$. Поскольку анализ спектра широкополосного сигнала производится в результате его развёртки во времени, то на видео выходе АС формируется новый, но низкочастотный сигнал, который содержит как полезную информацию о дальности до объекта, так и о скорости развёртки. Используя низкочастотный анализатор спектра (второй) для нахождения спектра этого сигнала, можно более точно определить расстояние до объекта, так как ширина полосы частот гетеродина второго АС может быть существенно уже, чем первого. При этом новая частота Ω в спектре низкочастотного сигнала определяется как скоростью развёртки первого АС $S = F/\tau$ (где, τ - время развёртки), так и периодом неравномерности Δf простым соотношением: $\Omega = S/\Delta f$. Определив Ω , сразу же однозначно можно определить расстояние по формуле:

$$L = c\Omega / 2S \quad (1)$$

В данном докладе приведены экспериментальные результаты по измерению расстояния до объекта с помощью шумового радиолокатора 8мм диапазона волн, в котором вместо второго АС для определения частоты Ω использован персональный компьютер. При этом аналоговая информация (временная реализация) с видео выхода первого АС поступала на вход аналогово-цифрового преобразователя, в качестве которого служила стандартная звуковая плата Sound Blaster Pro "ESS-1868 3-D Sound" с полосой пропускания (частотой квантования - быстродействием) 22050Гц. Этот сигнал записывался в звуковой файл операционной системы Windows 95. В оцифрованном виде эта реализация «читалась» с помощью стандартной программы для чтения звуковых файлов в среде MATLAB и с помощью Фурье-преобразования определялся её энергетический спектр. Анализ спектра реализации, полученный таким образом, даёт возможность определить не только информативную частоту Ω , но и частоту развёртки АС $\nu = 1/\tau$, которая может существенно отличаться от её значения, вынесенного на переднюю панель АС.

Проведём оценку предельной дальности, которую обеспечивает такой радиолокатор. Пусть для идентификации в спектре сигнала частоты Ω , необходимо иметь десять отсчётов на периоде $T = 1/\Omega$. Это означает, что для данной звуковой платы частота Ω не должна быть больше 2200Гц. Используя выражение (1), получим:

$$L = c\Omega / 2S = c\Omega / 2F \nu = 66 \times 10^{10} / F\nu \text{ м}, \quad (2)$$

где F и ν измеряются в Гц.

Таким образом, дальность обнаружения неподвижного объекта таким радиолокатором обратно пропорциональна ширине F спектра зондирующего шумового эхо-сигнала и скорости его развёртки в АС. Если $F = 10^9$ Гц, что соответствует разрешению по дальности в 10см, а $\nu = 10$ Гц, что соответствует ещё нормальному наблюдению спектра на экране АС, то максимальная дальность будет равна 66м.

Экспериментальный макет шумовой радиолокационной станции (ШРЛС) состоял из приёмо-передающего модуля и блока обработки сигнала. Приёмо–передающий модуль представлял собой переносное шасси, на котором были смонтированы автостохастический генератор шума на лавино-пролётном диоде (ГШЛПД) с волноводным выводом энергии [2], ферритовый развязывающий вентиль, направленный ответвитель с переходным ослаблением 20дБ в боковое плечо, рупорные передающая и приёмная антенны, переменный аттенуатор и волноводный мост, выполняющий роль сумматора опорного сигнала, поступающего через боковое плечо направленного ответвителя от генератора через аттенуатор на один из его входов, и эхо – сигнала, поступающего на другой его

вход от приёмной антенны. Напряжение питания ГШЛПД осуществлялось от специально разработанного источника тока. Широкополосный шумовой сигнал, генерируемый ГШЛПД, имел выходную мощность 10мВт, почти Гауссову форму огибающей спектра мощности, и ширину спектра F по уровню – 3дБ от максимального значения спектральной мощности шума (СПМШ) равную 200МГц. Центральная частота спектра была $f = 34.5$ ГГц.

Блок обработки сигнала включал в себя анализатор спектра С4-60 и персональный компьютер, имеющий упомянутую выше звуковую плату, операционную систему Windows 95 и пятую версию системы математических расчётов MATLAB. АС располагался на одной подвижной стойке с приёмно-передающим модулем, и его коаксиальный вход соединялся с одним из выходов волноводного моста (сумматора) с помощью волноводно-коаксиального перехода. Видео выход АС с помощью длинного коаксиального кабеля соединялся с входом звуковой платы компьютера. Сигнал с этого же выхода АС подавался для контроля на вход осциллографа, расположенного в той же подвижной стойке.

Эксперименты по определению дальности до объекта, в качестве которого служил квадратный металлический лист со стороной, равной 1,5 метрам, проводились в помещении на расстояниях до 10 метров. Для иллюстрации на рисунке 1 приведен фрагмент реализации сигнала с выхода АС, «вырезанный» из звукового файла, при расстоянии до объекта, измеренного рулеткой, в 9 метров. Интересно отметить, что длительность развёртки, указанная на передней панели АС, была равна 5мс/дел и полоса одновременного просмотра спектра - 20МГц/дел. Так как экран АС разбит на десять делений, то длительность T развёртки составляет 50мс, а частота $\nu = 20$ Гц; и спектр сигнала занимает весь экран. Наблюдаемая на экране периодическая неравномерность Δf спектра составила величину 20МГц. С учётом этой величины Δf расстояние до объекта, рассчитанное по формуле (1), меньше реального. Из анализа реализации рис.1 можно установить, что реальная частота развёртки меньше, чем 20Гц, и составляет величину ~ 14 Гц. Но наиболее ясно это видно из анализа мгновенного спектра реализации, представленного на рис.2. В связи с этим был проведен контрольный опыт и получена аналогичная реализация при закрытом приёмном рупоре, что и позволило убедиться в достоверности такого результата. Из рассмотрения рис.2 нетрудно установить, что информативная частота Ω составляет величину, равную 169,2Гц. Из всего сказанного выше следует, что до проведения измерений с использованием реальных приборов (в данном случае АС) необходимо проводить калибровку всей системы посредством измерения известных расстояний. Можно показать, что реальное расстояние определяется по формуле: $L_i = \alpha \Omega_i + L_0$, где α и L_0 являются постоянными данной системы и могут быть найдены в результате двух калибровочных измерений.

Вопросы калибровки, возможности автоматизации измерений, темпа обработки сигнала и некоторые другие будут рассмотрены в докладе.

Заключение. Экспериментально показана возможность использования простого способа цифровой обработки сигнала в ШРЛС с двойной спектральной его обработкой. Это открывает перспективу существенного улучшения целого ряда параметров ШРЛС.

Работа выполнена в рамках проекта 2.4 МНТП «Физика микроволн».

Список литературы

1. Пуарье Дж. Зарубежная радиоэлектроника, 1969, №7, С. 12 –21.2. Ye.A.Myasin, V.D.Kotov, Yu. V. Andreev. Ka -Band Large Bandwidth Noise Signal Source. The 15th International Conf. on Infrared and Millimeter Waves. December 10 -14,1990, Orlando, Florida, USA Conf.Digest pp 631 – 633.

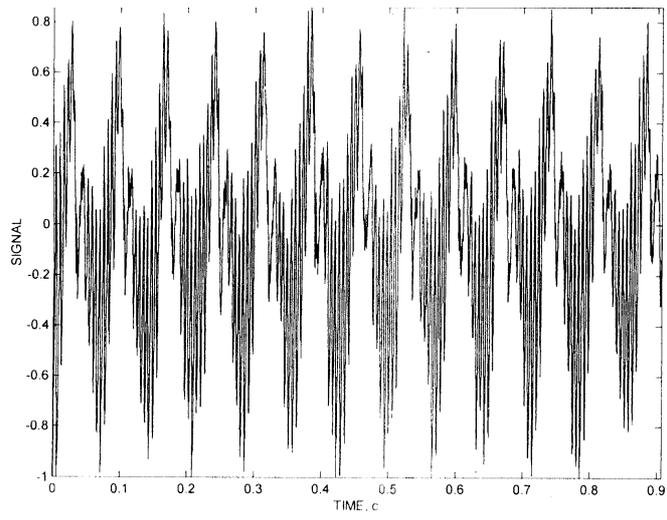


Рис. 1

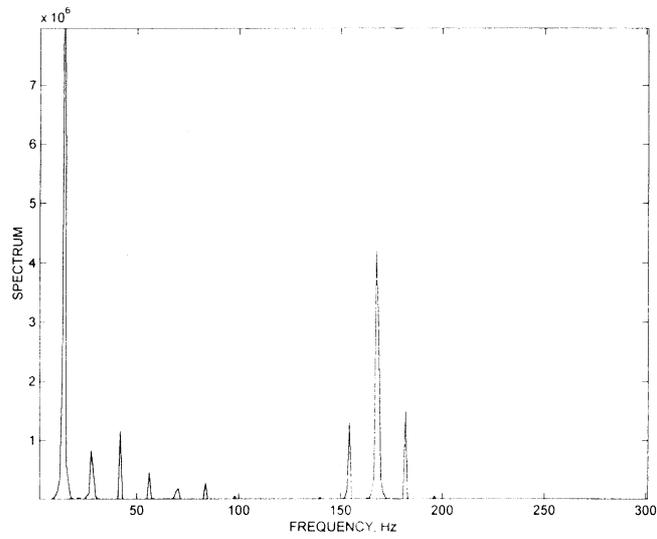


Рис. 2