

УДК 681.3.06

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ДОПЛЕРОВСКОГО ФАЗОУГЛОМЕРНОГО КОМПЛЕКСА

А.М. Дрешер, В.В. Бочкарев, Р.Р. Латыпов, И.Р. Петрова

MULTI-CHANNEL DATA RECEIVING SYSTEM FOR DOPPLER PHASE-GONIOMETRIC COMPLEX

A.M. Dresher, V.V. Bochkarev, R.R. Latypov, I.R. Petrova

Рассматривается система сбора и начальной обработки информации на основе цифрового сигнального процессора для доплеровского фазоугломерного комплекса «Спектр». Разработанное устройство позволяет проводить обработку полученных данных в реальном масштабе времени.

Digital system of receiving and elementary processing of the information for Doppler phase-goniometric complex "Spektr" is described. The worked out device allows real time data processing.

Исследование ионосферы в настоящее время является одной из актуальных задач, так как преследует множество научно-практических целей, например, таких как обеспечение устойчивой работы радиоприемных устройств и предсказание различных природных явлений. Регулярное строение ионосферы достаточно хорошо изучено, поэтому интерес представляют различные неоднородности. Информацию о наличии неоднородностей и различных процессах, проходящих в ионосфере, можно получить, анализируя вариации доплеровского смещения частоты сигнала наклонного зондирования и углы прихода радиоволны. В частности, можно использовать метод наклонного зондирования непрерывными узкополосными радиосигналами от различных вещательных станций (например, станции точного времени РВМ, Москва). В Казанском университете эти исследования проводятся с применением доплеровского фазоугломерного комплекса «Спектр» [1]. Комплекс предлагается оснастить цифровой системой сбора и начальной обработки информации на основе 6-канального АЦП ADS 8364, который используется совместно с цифровым сигнальным процессором TI TMS320C6416 и заменяет аналоговые блоки фильтров комплекса (рис. 1).

Использование цифровых методов обработки информации вызвано неоспоримым преимуществом этих методов над традиционными аналоговыми методами обработки информации за счет большой точности представления данных, высокой стабильности характеристик устройства, его компактности

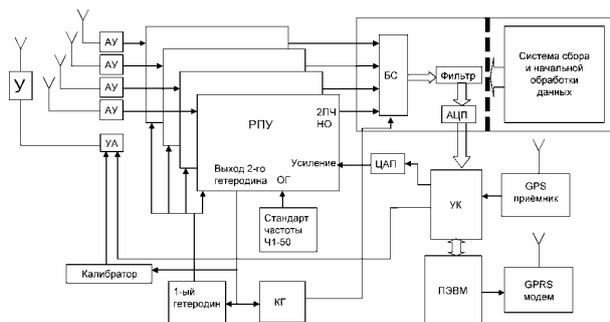


Рис. 1. Блок-схема доплеровского фазоугломерного комплекса «Спектр».

и возможности проведения первичной обработки информации в реальном масштабе времени.

Сбор информации производится шестью каналами АЦП с выходов радиоприемного устройства Р399 «Катран», в котором исходный сигнал переносится на 2-ю ПЧ 215 кГц с полосой от 300 Гц до 10 кГц. В системе сбора данных используется 16-разрядный АЦП ADS 8364, который позволяет оцифровывать аналоговый сигнал с амплитудой от -2.5 до $+2.5$ В. После этого производится квадратурная обработка сигнала. Для уменьшения задержки, связанной с математическими вычислениями при квадратурной обработке сигнала, можно выбрать частоту дискретизации АЦП таким образом, чтобы соответствующие синусы и косинусы опорной частоты принимали значение 0, 1 или -1 . Расчет производится по формуле $f_d = \frac{4}{2i+1} f$ [2], из кото-

рой получается, что частоту дискретизации АЦП необходимо установить равной 172 кГц.

Использование достаточного мощного цифрового процессора дает возможность организовать цифровую фильтрацию в реальном масштабе времени, что избавляет от необходимости хранить лишние данные и позволяет снизить требования к пропускной способности канала передачи данных на ПК.

Были рассмотрены различные варианты построения фильтра. Первоначально был спроектирован и использовался цифровой КИХ-фильтр, но для обеспечения достаточно узкой полосы пропускания требовалось использовать большое число коэффициентов фильтра, что вело к большому расходу памяти и, что более важно, занимало значительное количество процессорного времени. Поэтому был спроектирован цифровой БИХ-фильтр, который обеспечивал ту же узкую полосу пропускания, но с использованием гораздо меньшего количества коэффициентов фильтра. Кроме того, процессор TMS320C6416 работает с числами с фиксированной точкой, поэтому все коэффициенты фильтра необходимо умножать и делить на достаточно большой коэффициент. В целях оптимизации общий делитель был выбран степенью числа 2, поскольку в таком случае деление можно реализовать сдвиговой операцией, которая занимает гораздо меньше тактов процессора, чем операция

непосредственного деления одного числа на другое.

Для работы АЦП в системе сбора данных имеется возможность использовать внутренний или внешний сигнал синхронизации. Внутренний сигнал получается делением частоты процессора на некоторый коэффициент. При использовании системы в составе комплекса используется внешний сигнал синхронизации с генератора высокостабильной частоты Ч1-50 (нестабильность 10^{-11} , частота 5 МГц).

В качестве канала передачи данных используется последовательный порт McBSP, через который данные передаются на порт компьютера RS-232. Для согласования уровней сигналов McBSP и RS-232 используется микросхема FTDI FT232R, которая подключается к USB-порту компьютера и создает виртуальный COM-порт [4]. Преобразование данных в формат RS-232 также производится программно средствами цифрового сигнального процессора. Далее с помощью стандартных средств работы с портом данные снимаются с виртуального порта и записываются в файл. После этого их можно использовать для дальнейшей обработки или графического представления полученных «сырых» данных.

На рис. 2, 3 представлены различные сигналы, полученные системой сбора данных с различных источников, таких как генератор сигналов и РПУ Р399 «Катран». На рис. 2 представлен синусоидальный сигнал, полученный с генератора сигналов ГЗ-112/1, и тот же сигнал, прошедший через БИХ-фильтр Батерворта 2 порядка. Видно, что генератор выдает немного искаженный сигнал, а после фильтрации искажений стало меньше. Некоторое количество отсчетов в начале искажено, поскольку они приходятся на время установления фильтра, поэтому при обработке полученных данных их необходимо отбрасывать.

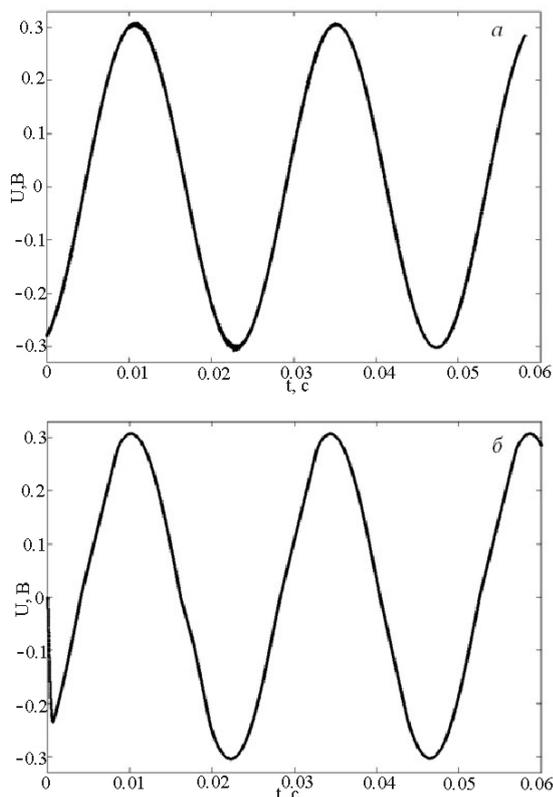


Рис. 2. Сигнал тестового генератора до и после фильтрации.

На рис. 3 представлено изменение спектра сигнала при квадратурной обработке и фильтрации. При частоте сигнала, примерно равной четверти частоты дискретизации, спектр в результате квадратурной обработки переносится на низкие и высокие частоты. После этого высокочастотная составляющая спектра отфильтровывается.

На рис. 4 представлен спектр сигнала станции «Радио России» 7220 кГц (Екатеринбург), полученный с 2-й ПЧ РПУ «Катран».

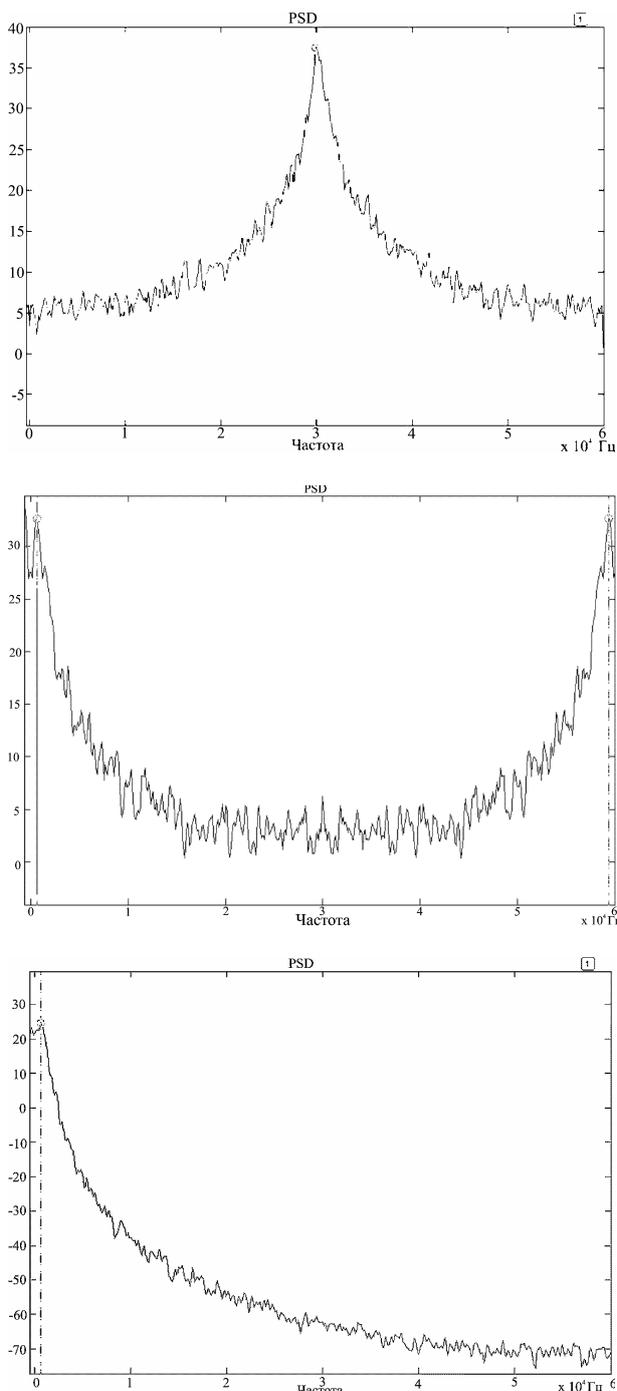


Рис. 3. Изменение спектра сигнала после квадратурной обработки и фильтрации.

Результатом работы стала система, позволяющая производить оцифровку, квадратурное преобразование и фильтрацию сигнала в реальном масштабе времени,

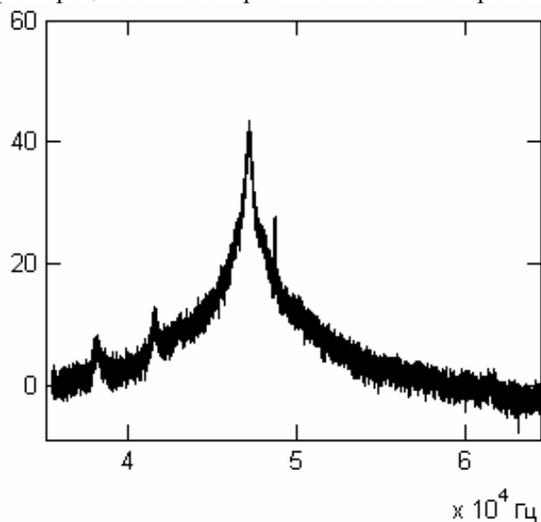


Рис. 4. Спектр сигнала 2-й ПЧ РПУ «Катран» при приеме станции «Радио России» 7220 кГц (Екатеринбург).

а также передачу полученных данных на персональный компьютер. Это позволяет использовать данную систему для проведения мониторинга ионосферы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №05-05-64651.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплов В.Ю., Бочкарев В.В., Петрова И.Р., Шорников В.О. Многоканальный измерительный фазо-угломерный комплекс КВ-диапазона // Прием и обработка сигналов в сложных информационных системах. Казанский ун-т, 2003. № 21. С. 113–121.
2. Цифровые радиоприемные системы / Под ред. М.И. Жодзишского. М.: Радио и связь, 1990. 208 с.
3. ADS8364, User's Guide, Texas Instruments sbas219, 2002.
4. FT232R USB UART I.C. Datasheet.

Казанский государственный университет, Казань