

*Д.А. ИСКРА*, м.н.с., Институт ионосферы, Харьков

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ СИГНАЛА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

Предложено устройство и разработано программное обеспечение для определения автокорреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния. Использование модуля АЦП типа E20-10 позволило в 6 раз уменьшить интервал дискретизации сигнала и повысить точность определения автокорреляционной функции.

**Ключевые слова:** сигнал некогерентного рассеяния, автокорреляционная функция сигнала, аналого-цифровой преобразователь, интервал дискретизации сигнала.

**Введение.** Для определения параметров ионосферной плазмы на радаре некогерентного рассеяния (НР) Института ионосферы используется корреляционная обработка сигнала рассеяния. Одним из этапов обработки является преобразование сигнала в цифровой вид и вычисление его автокорреляционной функции (АКФ). Существующий 19-канальный коррелятор радара выполнен на основе жесткой логики [1]. В режиме излучения длинного зондирующего импульса интервал дискретизации входного сигнала составляет около 30 мкс. Это позволяет получить требуемый интервал задержек до 540 мкс. При синусно-косинусной обработке НР-сигнала на каждую составляющую выделяется по 9 каналов. Соответственно, интервал задержек увеличивается вдвое, до 60 мкс. Таким образом, измеренная АКФ сигнала представляется в виде 9 отсчетов. На больших высотах, вследствие уменьшения интервала корреляции среды, информативными часто оказываются только первые 4-5 отсчетов [2]. Это ведет к повышению неопределенности при решении обратной задачи – сопоставлении измеренных АКФ с модельными и определении параметров ионосферной плазмы. Уменьшение интервала задержек и, соответственно, интервала дискретизации входного сигнала ограничивается числом каналов коррелятора [3].

Современное состояние вычислительной техники позволяет реализовать определение АКФ чисто программными средствами.

**Цель статьи** – рассмотрение возможности повышения точности определения АКФ НР сигнала путем создания коррелятора на базе модуля АЦП и существенного уменьшения интервала дискретизации сигнала.

Разработанный в Институте ионосферы коррелятор нового поколения использует модуль АЦП E20-10. Модуль позволяет вести непрерывный сбор

© Д.А. Искра, 2013

16-битных данных с частотой до 10 МГц по интерфейсу USB2.0. архитектура модуля – 4-канальная с одним 14-разрядным АЦП, коммутатором, входными буферными усилителями и фильтрами в каждом канале. Частота преобразования АЦП может быть задана в диапазоне от 1.00 до 10.0 МГц и может задаваться внутренним либо внешним источником тактовых импульсов. Внутренний буфер FIFO размером 8 МВ буферизирует данные, исключая их потерю. В качестве аналого-цифрового преобразователя модуля E20-10 используется 14-битный высокочастотный АЦП типа LTC2245 компании Linear Technology, имеющий глубоко конвейеризованную архитектуру.

На аналоговые входы устройства подаются сигналы с выходов четырех каналов радиоприемного устройства. Логика управления процессом сбора данных заключается в запуске конвейера “АЦП-FIFO-USB-интерфейс” (рис. 1) от внешнего перепада сигнала START, в качестве которого используется импульс ИЗП от синхронизатора радара НР. Частота квантования устанавливается программно (от 1 до 10 МГц). Данные, считанные с четырех каналов АЦП, поступают в ПЛИС. Производится калибровка данных, а затем передача в буфер FIFO. Данные, накопленные в буфере под управлением микроконтроллера, по USB-интерфейсу передаются в персональный компьютер.

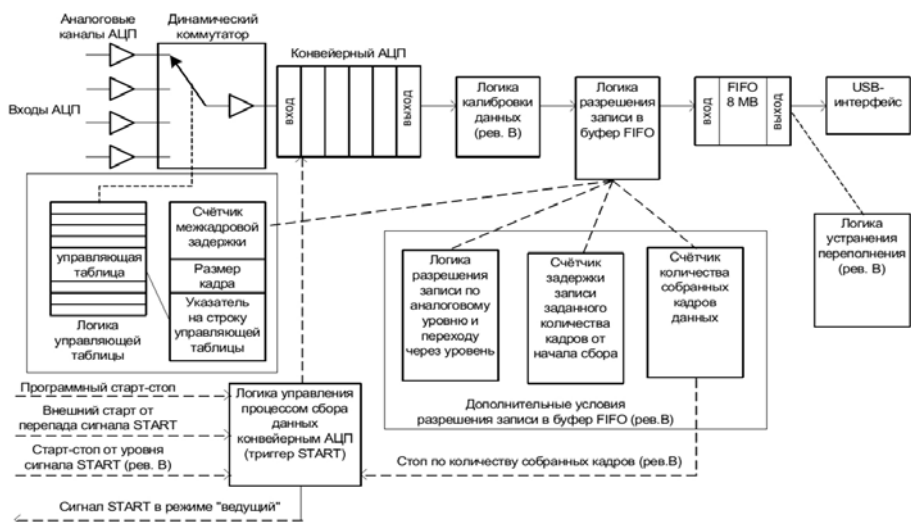


Рис. 1 – Логика управления процессом сбора данных

Программное обеспечение, разработанное для модуля E20-10, разделено на 2 потока:

- 1-й поток осуществляет непрерывный сбор данных и передачу их 2-му потоку, тем самым предотвращает переполнение внутреннего буфера модуля E20-10;

- 2-й поток осуществляет первичную обработку (накопление АКФ) и по достижению заданного времени накопления производит запись файлов.

Данное решение позволило обрабатывать значительно больший объем данных по сравнению с корреляторами на основе жесткой логики и уменьшить интервал дискретизации входного сигнала с 30.555 мкс до 5.1 мкс. При этом число отсчетов АКФ возросло в 6 раз.

В качестве примера на рис. 2 приведена АКФ шума на выходе радиоприемного устройства, а на рис. 3 АКФ сигнала на высоте 800 км, измеренные с интервалами дискретизации 30.555 мкс и 5.1 мкс. Видно, что благодаря уменьшению шага дискретизации, точность определения формы АКФ значительно увеличилась. Существенно повысилась точность определения значений первого минимума АКФ. Количество отсчетов АКФ сигнала некогерентного рассеяния на высоте 800 км на участке от  $t=0$  до первого минимума увеличилось до 16.

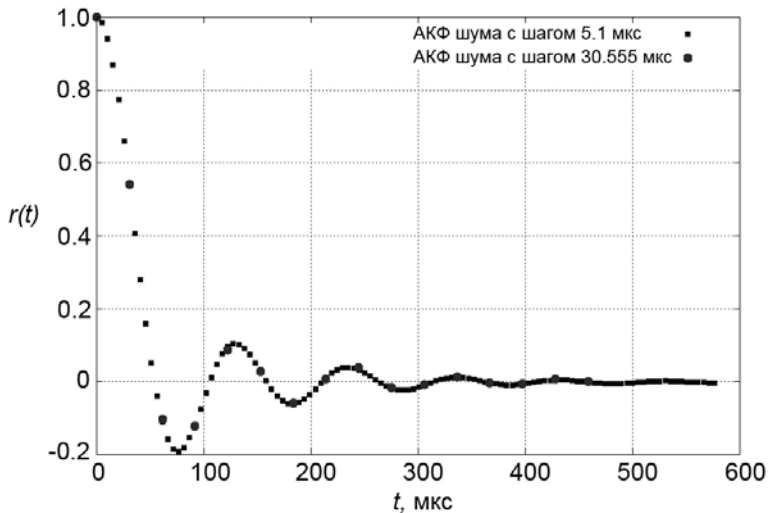


Рис. 2 – АКФ шума на выходе радиоприемного устройства

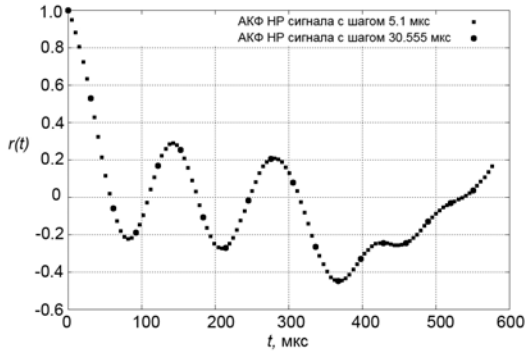


Рис. 3 – АКФ сигнала некогерентного рассеяния на высоте 800 км

**Выводы.** Разработанный коррелятор позволил в 6 раз уменьшить интервал дискретизации входного сигнала и увеличить количество отсчетов АКФ. Тем самым, существенно уменьшилась неопределенность при решении обратной задачи, что позволит повысить точность определения ионосферных параметров на высотах 600 - 2000 км.

**Список литературы:** 1. *Рогожкин Е.В., Забирко М.Н., Паун М.Н., Шаталова Н.Ф.* Коррелометр измерительного комплекса Харьковского политехнического института. // Вестн. Харьк. политехн. ин-та, № 155, «Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния», вып. 1, Харьков, изд. объединение «Вища школа», 1979. – С. 40-44. 2. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н.* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния: монография, Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 256 с. 3. *Пуляев В.А., Дзюбанов Д.А., Домнин И.Ф.* Определение параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн: монография. – Х.: НТУ «ХПИ», 2011. – 240 с.

*Поступила в редколлегию 19.11.2013*

УДК 681.323

**Повышение точности определения автокорреляционных функций сигнала некогерентного рассеяния / Д.А. Искра** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Радіофізика та іоносфера. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 33 (1066). – С. 34-37. Бібліогр.: 3 назв.

Запропоновано пристрій та розроблено програмне забезпечення для визначення автокорреляційної функції сигналу некогерентного розсіяння. Застосування модуля АЦП типу E20-10 дозволило в 6 разів зменшити інтервал дискретизації сигналу та підвищити точність визначення автокорреляційної функції.

**Ключові слова:** сигнал некогерентного розсіяння, автокорреляційна функція сигналу, аналого-цифровий перетворювач, інтервал дискретизації сигналу.

Proposed device and software for determining of the autocorrelation function of the incoherent scattering signal is developed. Using of the ADC E20-10 is allowed to reduce the sampling interval of the signal in 6 times and increased the accuracy of determining of the autocorrelation function.

**Keywords:** the incoherent scatter signal, the autocorrelation function of the signal, an analog-to-digital converter, sampling interval signal.