

Григорьев Л.Н., Голубев В.А.

Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Радиотехники (ВНИИРТ)
107082, Москва, ул. Б. Почтовая, 22.
тел. 265-60-41, факс 265-60-38, E-mail: www.skala@aha.ru

Рассмотрены экспериментальные результаты исследований
устройства цифрового диаграммообразования в ФАР.

В работах [1], [2] изложены основные принципы построения цифровой части приемного устройства фазированной антенной решетки.

В докладе приводятся результаты экспериментальных исследований цифровой части ФАР в реальной аппаратуре. В исследованной аппаратуре используется цифровое формирование диаграммы направленности антенны (ДНА) в одной плоскости, в частности в вертикальной (по углу места).

ФАР состоит из N строк, с помощью которых формируется ДНА в вертикальной плоскости. В азимутальной плоскости ДНА формируется с помощью M излучателей, образующих диаграммообразующую схему строки (ДОСС). Обзор в этой плоскости осуществляется вращением антенны. Аналогоцифровое преобразование принятого сигнала производится на выходе промежуточной частоты аналогового приемника строки. В цифровом приемнике осуществляется перенос спектра сигнала с формированием двух квадратурных составляющих.

Формирование ДНА осуществляется специальной схемой цифровой обработки путем взвешенного суммирования квадратурных сигналов, принадлежащих I и Q каналам и поступающих от приемных элементов строк ФАР.

$$I_i = \sum_{k=1}^N (C_{i,k} \cdot I_k - D_{i,k} \cdot Q_k)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N (D_{i,k} \cdot Q_k + C_{i,k} \cdot I_k)$$

где N- число строк ФАР

I_k, Q_k - выходные сигналы k –го приемного элемента

$C_{i,k}, D_{i,k}$ - весовые коэффициенты i – го приемного канала для сигналы k –го приемного элемента.

При построении схемы цифрового диаграммообразования использовались сигнальные процессоры, как наиболее ориентированные на выполнение операций умножения с накоплением, что позволяет максимально использовать их производительность.

Приемный тракт цифровой ФАР включает в себя три основные части:

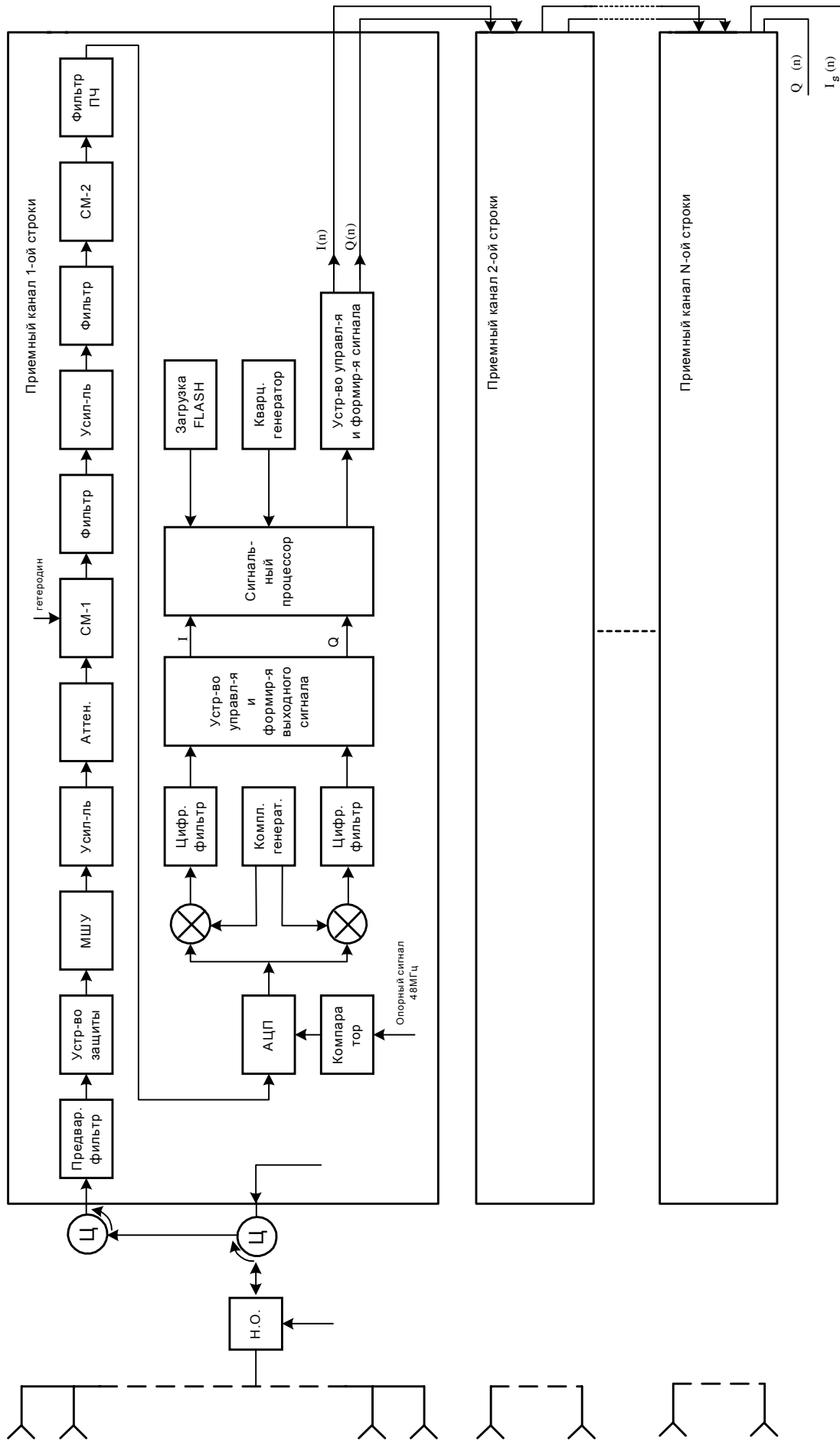


Рис.1 Структурная схема цифрового диаграммообразования

- аналоговый приемный тракт, обеспечивающий усиление, двойное преобразование частоты и фильтрацию по входной и промежуточной частотам;
- цифровой приемник;
- устройства цифровой обработки и формирования ДНА.

Структурная схема приемного тракта цифрового диаграммообразования представлена на рис.1. Вычисление выходного сигнала осуществляется путем последовательного суммирования отсчетов, полученных от предыдущего элемента с взвешенными значениями отсчетов сигнала собственного приемника.

Экспериментальная установка состояла из 20 цифровых приемников, объединенных последовательно, что позволило на выходе последнего цифрового приемника сформировать ДН антенной решетки.

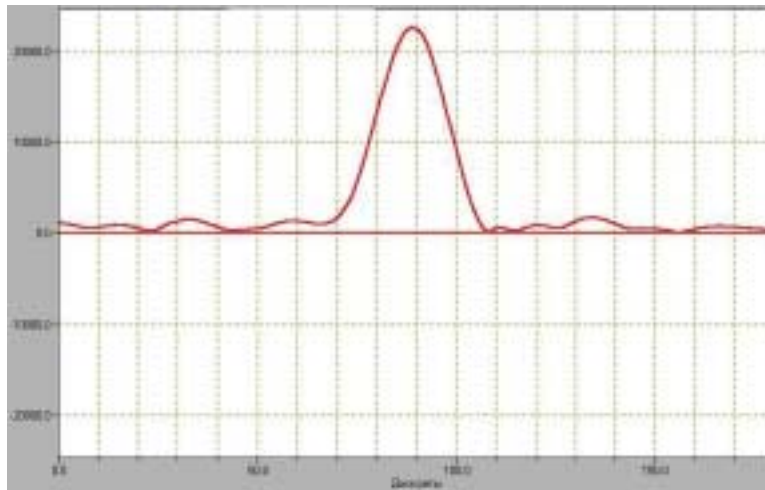


Рис.2 ДНА ФАР до коррекции

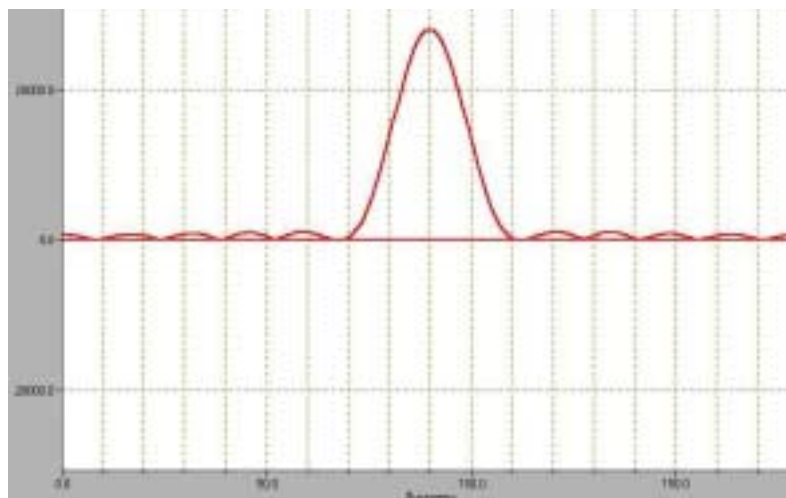


Рис.3 ДНА ФАР после коррекции

Для проверки работы ФАР в качестве пилот – сигнала был использован зондирующий сигнал на промежуточной частоте. Сигнал формировался процессором первого канала имеющего свободное временное «окно» в момент формирования излучаемого сигнала и посредством ЦАП с фильтром превращенного в сигнал промежуточной частоты с требуемыми параметрами. Далее сигнал, с помощью аналогового делителя с равномерным распределением разводится на все цифровые приемники. Опорное напряжение аналогичным образом, с помощью такого же делителя, разводится на все приемники. Имелась возможность изменять амплитуду и фазу пилот-сигнала каждого канала. Исследованию подлежали вопросы формирования ДНА, оценки ее параметров, стабильности по амплитуде и фазе цифровых приемников, возможность коррекции разбросов амплитуды и фазы аналоговой части приемного тракта. Коррекция осуществлялась программным путем, с помощью изменения параметров генератора комплексной синусоиды в формирователе квадратур цифрового приемника (DDC) и параметров цифровых фильтров.

Для проверки работы схемы коррекции предварительно вводилась амплитудная и фазовая расстройка между приемными строками. На рис. 2 приведена ДНА приемного канала с использованием весовой обработки по Хэммингу до коррекции, а на рис.3 – после выполнения коррекции. Параметры цифровых приемников достаточно стабильны. В течение нескольких часов эксплуатации параметры цифровых приемников не изменились. Форма ДНА с высокой степенью точности совпала с расчетными значениями.

Библиография

- 1 Л.Н.Григорьев , В.А.Голубев. Цифровое диаграммообразование в фазированной антенной решетке (ФАР). Труды VII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (RLNC+2001) г.Воронеж.
- 2 Р.Л.Махлин, В.А.Голубев, Т.Н.Гушьян. Методы цифровой пространственно-временной обработки сигналов с использованием цифровых сигнальных процессоров. Труды VII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (RLNC+2001) г.Воронеж.



EXPERIMENTAL RESEARCH OF ANTENNA PATTERN DIGITAL FORMER IN THE PHASED ARRAY

Grigoriev L., Golubev V.

All-Russian Institute of Radio Engineering (ARIRE)
Bolshaya Pochtovaya str., 22
Postcode 107082, Moscow, Russian Federation
Phone (095) 265 60 41

Experimental results of research of aerial pattern former have been considered.

The basic principles of digital part of digital aerial array construction were stated in the reports [1], [2]. Results of experimental research of real existing phased array digital part are given in this report. In the explored equipment digital forming of antenna pattern is used only for vertical plane. Antenna pattern is formed from N lines having horizontal plane pattern, and spatial beam orientation is determined by weight factors. Signal digitizing takes place on the output of line.

Experimental hardware consists of 20 digital sequentially connected receivers, and antenna pattern of phased array is formed on the output of the last digital receiver. Sequential adding the samples from previous unit with weighted own ones performs output signal calculation.

With aid of specialized hardware IF sounding signal is generated and routed on all digital receiver inputs in phase. There is able to adjust amplitude and phase of each receiver input separately. Software correction of amplitude and phase is provided. Receiver interline detuning was entered for functionality check of circuit. Fig. 1 shows the antenna pattern of receiver channel with Hamming's weighting window usage before correction, and Fig. 2 shows one after. The parameters of digital receivers are quite stable. There isn't parameter's drift after several hours of operating. The shape of antenna pattern coincides with theoretically calculated one with high degree exactitude.

Bibliography

1. L.N. Grigoriev, V.A. Golubev. Digital antenna pattern forming in phased array. Transactions of VII International scientific and engineering conference "Radiolocation, navigation, communication-2001", Voronezh, RF.
2. R.L. Mahlin, V.A. Golubev, T.N. Gushiyan. The methods of spatial-temporary signal processing with use of digital signal processors. Transactions of VII International scientific and engineering conference "Radiolocation, navigation, communication-2001", Voronezh, RF.