



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.376

ПОДАВЛЕНИЕ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ СЖАТОГО СИГНАЛА

¹Рыжов К.Ю., ²Ненашев С.А.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Россия (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), e-mail: ¹konstantin.r02.27@gmail.com, ²nenashev_serгей178@mail.ru

Кодирование радиолокационных сигналов может выполняться с использованием последовательностей для фазового кодирования, таких как коды Баркера и соответствующие вложенные коды. Целью работы являлось получение результатов в области обработки широкополосных сигналов в части подавление боковых лепестков. При получении результатов использовались аппараты имитационного моделирования, а также экспериментального исследования кодов и вложенных кодовых последовательностей Баркера. Результатами являются автокорреляционные функции кодовых конструкций Баркера с подавленными боковыми лепестками. Эти результаты является основой для обеспечения большей помехоустойчивости таких широкополосных сигналов и доказывает целесообразность их применения для различных систем обнаружения гражданского применения.

Ключевые слова. коды Баркера, подавление боковых лепестков, автокорреляционная функция.

COMPRESSED SIDELobe SUPPRESSION

¹Ryzhov K. Yu., ²Nenashev S.A.

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg, Russia (SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia), e-mail: ¹konstantin.r02.27@gmail.com, ²nenashev_serгей178@mail.ru

Radar signal coding may be performed using phase coding sequences such as Barker codes and corresponding nested codes. The aim of the work was to obtain results in the field of broadband signal processing in terms of sidelobe suppression. When obtaining the results, simulation tools were used, as well as an experimental study of Barker codes and nested code sequences. The results are the autocorrelation functions of Barker code structures with suppressed side lobes. These results are the basis for providing greater noise immunity of such wideband signals and prove the feasibility of their application for various civil detection systems.

Keywords: Barker codes, sidelobe suppression, autocorrelation function.

Сжатие импульсов – это способ обработки широкополосных сигналов, который позволяет получить высокое разрешение по координате «дальность» с использованием кодированных сигналов [1-7]. При этом у такого сжатого сигнала возникают боковые лепестки, для которых требуется реализовать процесс подавления.

Боковые лепестки автокорреляционной функции (АКФ) для кода Баркера равны единице. Некоторые боковые лепестки АКФ кода Баркера возможно привести к нулю, если за соответствующим согласованным фильтром следует линейный фильтр подавления боковых лепестков с импульсной характеристикой, заданной формулой:

$$h(t) = \sum_{k=-N}^N \beta_k \delta(t - 2k\tau_0), \quad (1)$$

где N – порядок фильтра, коэффициенты β_k ($\beta_k = \beta_{-k}$) должны быть определены $\delta()$ – дельта-функцией и τ_0 – шириной импульса подкода Баркера. Фильтр $h(t)$ порядка N производит (рисунок 1) N ноль боковых лепестков по бокам от главного лепестка АКФ. Амплитуда и ширина главного лепестка не изменяются.

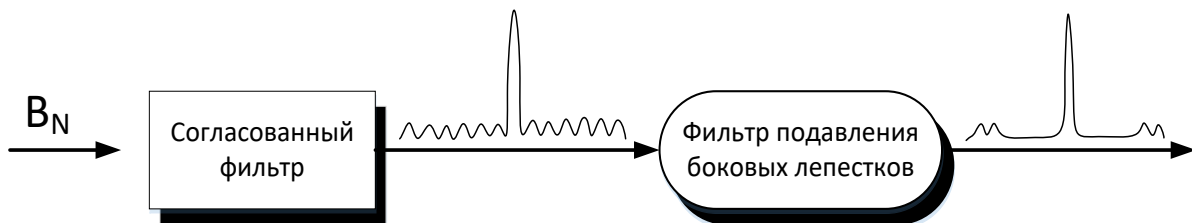


Рисунок 1 – Линейный фильтр подавления боковых лепестков порядка N может быть использован для получения N нулевых боковых лепестков в автокорреляционной функции ($N=4$)

Чтобы проиллюстрировать этот подход, следует рассмотреть случай, где входные данные к соответствующему фильтру B_{11} и предположим $N=4$. Значения АКФ для B_{11} .

$$R_{11} = \left\{ \begin{array}{l} -1,0, -1,0, -1,0, -1,0, -1,0, -11,0, -1,0, -1,0, \\ -1,0, -1,0, -1 \end{array} \right\} \quad (2)$$

Выход трансверсального фильтра представляет собой дискретную свертку между его импульсной характеристикой и последовательностью R_{11} . На этом этапе нам нужно вычислить коэффициенты β_k , которые обеспечат желаемый выходной сигнал с фильтра (т. е. неизменный главный лепесток и четыре нуля боковых лепестков).

Выполнение дискретной свертки, как определено в формуле (2) и сбор равных членов ($\beta_k = \beta_{-k}$) дает следующий набор из пяти линейно независимых уравнений:

$$\begin{bmatrix} 11 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 10 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -2 & 10 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & -1 & 11 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Решение системы линейных уравнений (3) дает

$$\begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.1342 \\ 0.2046 \\ 0.2046 \\ 0.1731 \\ 0.1560 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Обратите внимание, что значение первого уравнения, равного 11, а всех других уравнений, равно 0, а затем решение для β_k является результатом того, что основной пик останется неизменным, и что следующие четыре боковых лепестка будут равны 0. До сих пор предполагалось, что закодированные импульсы имеют прямоугольную форму. Используя импульсы других форм, например, гауссовский, можно произвести уменьшение боковых лепестков и увеличить коэффициента сжатия кодо-модулированного сигнала.

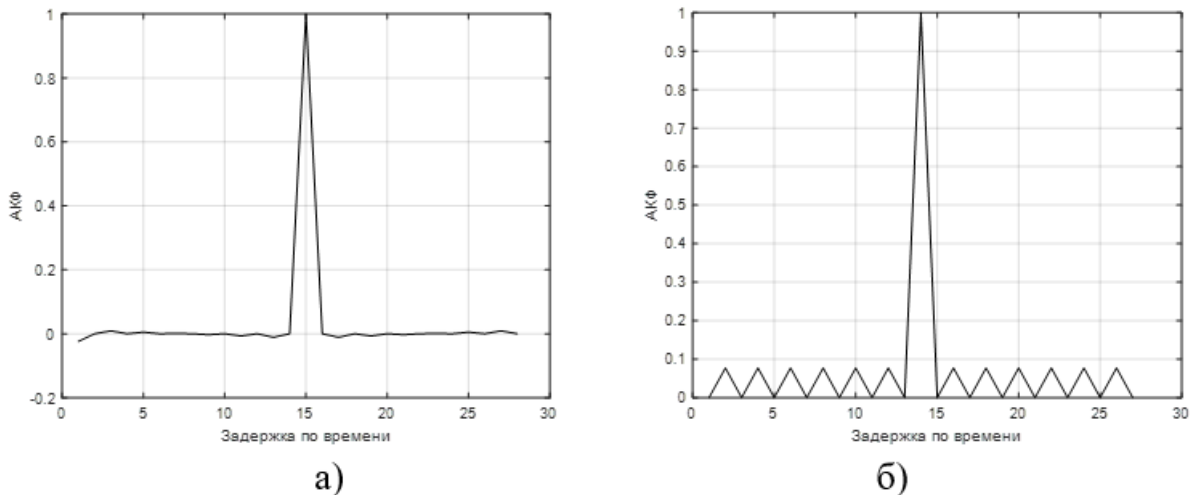


Рисунок 2 – АКФ кода Баркера при N= 13 до (а) и после (б) подавления боковых лепестков

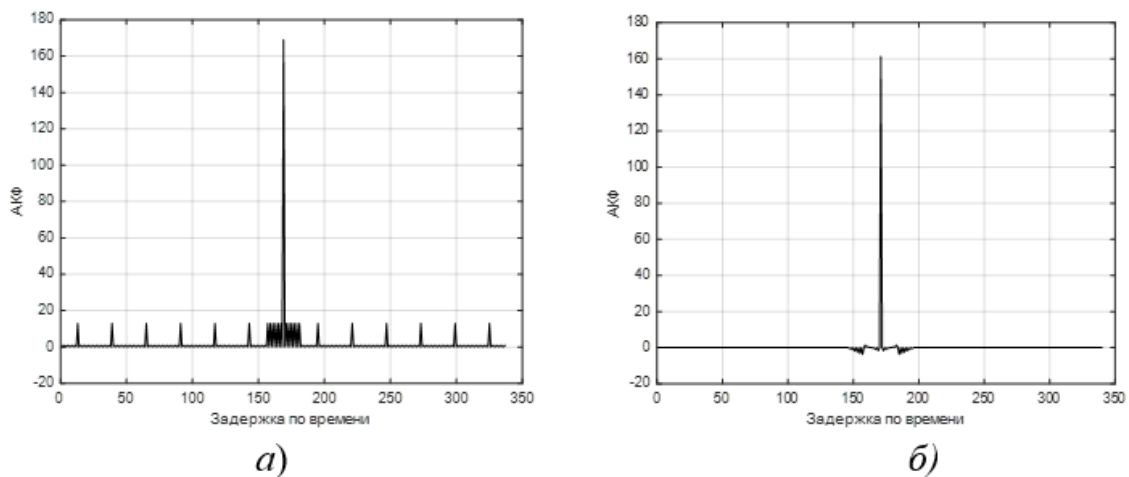


Рисунок 3 – АКФ вложенной конструкции Баркера при N= 13x13 до (а) и после (б) подавления боковых лепестков

Результат сжатия с одновременным подавлением боковых лепестков показаны на рисунках 2 и 3.

В данной работе была рассмотрена возможность подавление боковых лепестков сжатого сигнала, модулированного кодом Баркера, а также рассмотрен аналогичный процесс для вложенных кодовых конструкций. Значимость результатов обеспечивается перспективностью исследования, влияющего на становление и развитие методов выделения, обнаружения и обработки полезной информации. Результаты работы имеют длительное последствие,

поскольку с появлением оригинальных новых кодов и кодовых конструкций возникает потребность их исследования, модификации, обобщения и расширения области применения.

Финансовая поддержка

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-79-00303).

Список литературы

1. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами.: Радио и связь, 1985, 384 с.
2. Букалев П. А. Радиолокационные системы: учеб. Для вузов. М.: Радиотехника, 2004. 320 с.
3. Трухачев А. Радиолокационные сигналы и их применения. Воениздат. 205 г., стр. 320.
4. А.С. Верба, Б.Г. Татарский. Радиолокационные системы авиационно-космического мониторинга земной поверхности и воздушного пространства. Монография. б.м. : Радиотехника, 2014 г. стр. 576.
5. В. А. Ненашев, В. А. Синицын, С. А. Страхов Исследование влияния промышленных помех на характеристики сжатие фазоманипулированных сигналов в первичных РЛС // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: Труды IX общероссийской научно-практической конференции. В 2 томах, Санкт-Петербург, 16–18 ноября 2016 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Балтийский государственный технический университет "Военмех" им. Д. Ф. Устинова. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2017. – С. 351-355.
6. R., Mahafza B. Radar Systems Analysis and Design using MATLAB. Chapman&Hall. 2000 г., стр. 532.
7. Шепета А. П., Ненашев В. А. Система сжатия ФМ импульса в задачах высокоточного картографирования. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов. Наука и образование. 2014 г., стр. 14)

References

1. Varakin L. E. Communication systems with noise-like signals.: Radio and communication, 1985, 384 p.
 2. Bukalev P. A. Radar systems: textbook. For universities. M.: Radiotekhnika, 2004. 320 p.
 3. Trukhachev A. Radar signals and their applications. Military publishing house. 205, p. 320.
 4. A.S. Verba, B.G. Tatar. Radar systems for aerospace monitoring of the earth's surface and airspace. Monograph. b.m. : Radio engineering, 2014, p. 576.
 5. V. A. Nenashev, V. A. Sinitsyn, S. A. Strakhov Investigation of the influence of industrial interference on the compression characteristics of phase-shift keyed signals in primary radars // Innovative technologies and special-purpose technical means: Proceedings of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference. In 2 volumes, St. Petersburg, November 16–18, 2016 / Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Baltic State Technical University "Voenmekh" D. F. Ustinova. - St. Petersburg: Baltic State Technical University "Voenmeh", 2017. - P. 351-355.
 6. R., Mahafza B. Radar Systems Analysis and Design using MATLAB. Chapman & Hall. 2000, p. 532.
 7. A. P. Shepeta and V. A. Nenashev, FM pulse compression system in high-precision mapping problems. Chronicles of the United Fund of Electronic Resources. Science and education. 2014, p. 14)
-