

Смирнов М.С., Шкаликова А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: srv777@mail.ru

Особенности использования составных ЛЧМ сигналов в РЛС дальнего обзора

Сложные или энергоемкие сигналы позволяют разрешать противоречивые требования повышения дальности обнаружения и разрешающей способности. Дальность обнаружения повышается при использовании зондирующих сигналов с большой энергией E . Увеличение E возможно за счет увеличения либо мощности, либо длительности сигнала. Пиковая мощность в РЛС ограничена сверху возможностями генератора радиочастоты и особенно электрической прочностью фидерных линий, соединяющих этот генератор с антенной. При использовании ФАР пиковая мощность ограничена максимальной мощностью модулей ФАР. Следовательно, проще повышать E путем увеличения длительности сигнала. Однако сигналы большой длительности не обладают хорошим разрешением по дальности. Сложные сигналы с большой базой могут разрешить эти противоречия [1].

Целью данной работы является анализ эффектов при формировании составных ЛЧМ сигналов с псевдослучайными параметрами.

Как известно, при подаче на вход согласованного фильтра ЛЧМ сигнала форма сигнала на выходе будет определяться функцией $\sin(x)/x$, которая характеризуется наличием боковых лепестков на оси дальности или времени по обе стороны от сжатого импульса. Первый и наибольший на этих боковых лепестков по дальности лишь на 13,2 дБ ниже пикового значения сжатого импульса, в то время как последующие боковые лепестки уменьшаются приблизительно на 4 дБ при переходе от лепестка к лепестку; между лепестками сигнал падает до нуля, причем для идеальной функции нули расположены на расстоянии $1/\Delta f$ друг от друга, где $1/\Delta f$ – номинальная ширина спектра [2]. При наблюдении с помощью радиолокатора, использующего сжатие импульса, большого числа целей, имеющих широкий динамический диапазон отражающих поверхностей, упомянутые выше боковые лепестки по дальности представляют собой источник интерференционных помех, которые могут замаскировать более слабые сигналы.

Для разрешения данной проблемы предполагается использовать составные ЛЧМ сигналы с псевдослучайными параметрами. В качестве модельного сигнала предполагается использовать сигнал в виде последовательности элементарных ЛЧМ импульсов (ЭИ) с одинаковой длительностью и девиацией частоты, но с псевдослучайными параметрами – временным расположением, начальной частотой и фазой. Вид псевдослучайной функции изменения частоты модуляции в таком сигнале изображен на рис. 1.

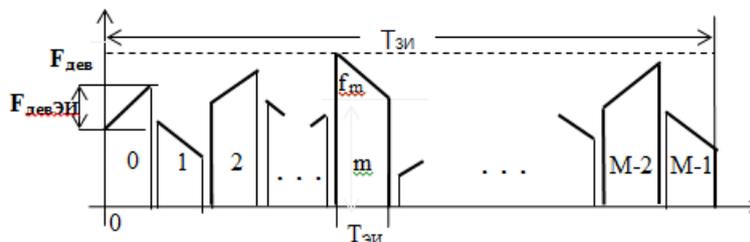


Рис. 1. – Составной ЛЧМ сигнал в виде набора элементарных импульсов с различными законами изменения частоты.

На рис. 1 обозначено:

- $F_{\text{дев}}$ – полное значение девиации частоты в составного ЛЧМ сигнала;
- $F_{\text{дев ЭИ}}$ – значение девиации частоты одного элементарного импульса;
- $N_{\text{ЭИ}}$ – длительность элементарного импульса;
- m – номер ЭИ в последовательности, $m=1 \div M$,
- M – число ЭИ в последовательности (алфавит).

Зондирующий импульс описывается выражением:

$$x(n) = \sum_{m=0}^{M-1} \exp\{j2\pi f_m(mK + k)T_d\} \cdot \exp\left\{\frac{j2\pi(\pm\gamma) \cdot (kT_d)^2}{2}\right\} \cdot \exp(j\phi_m), \quad (1)$$

$$mK \leq k \leq (m + 1)K - 1; k = 0, 1, 2, \dots, K - 1; n = mK + k$$

$$x(n) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} \exp\{j2\pi f_{\lambda m}(n + k - mK)T_d\} \cdot \exp\left\{\frac{j2\pi\gamma((n + k - mK)T_d)^2}{2}\right\}$$

- где - n – номер отсчета в интервале излучения,
 - k – номер отсчета на длительности ЭИ;
 - K – число отсчетов на длительности ЭИ;
 - знак $+$ перед γ для ЭИ с четными m , иначе – минус с нечетными m ;
 - f_m – случайное значение начальной частоты m -го ЭИ из диапазона $0 \div 200$ кГц для четных m и из диапазона $300 \div 500$ кГц для нечетных m ;
 - ϕ_m – случайное значение начальной фазы m -го ЭИ из диапазона $0 \div 2\pi$.
 Временная форма сигнала с восемью элементарными импульсами представлена на рис. 2.

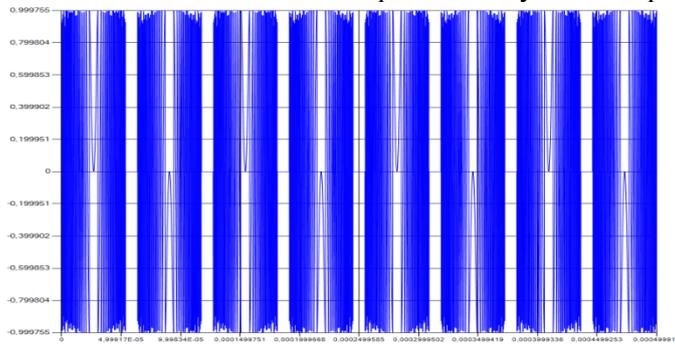


Рис. 2 – Составной ЛЧМ сигнал с восемью элементарными импульсами.

Результаты обработки сигналов при помощи согласованного фильтра представлены на рис. 3-6

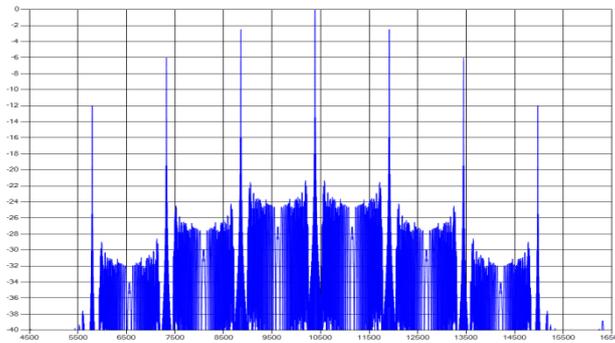


Рис. 3 – Сжатый СЛЧМ сигнал без псевдослучайных параметров.

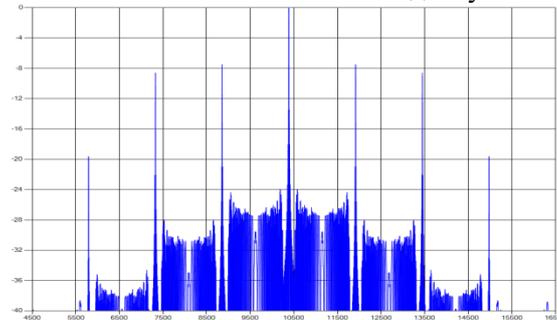


Рис. 4 – Сжатый СЛЧМ сигнал с псевдослучайной начальной фазой каждого ЭИ.

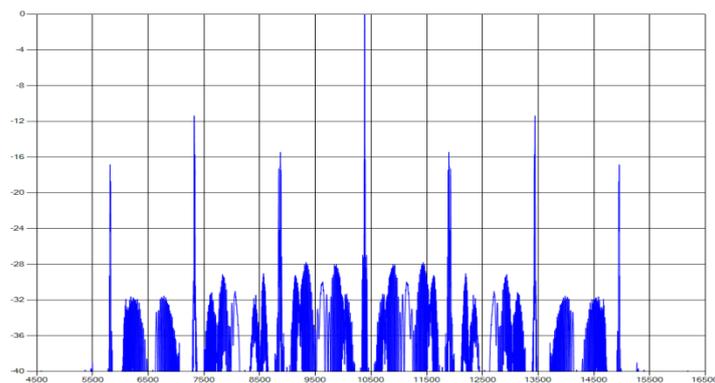


Рис. 5 – Сжатый СЛЧМ сигнал с псевдослучайной несущей частотой для каждого ЭИ.

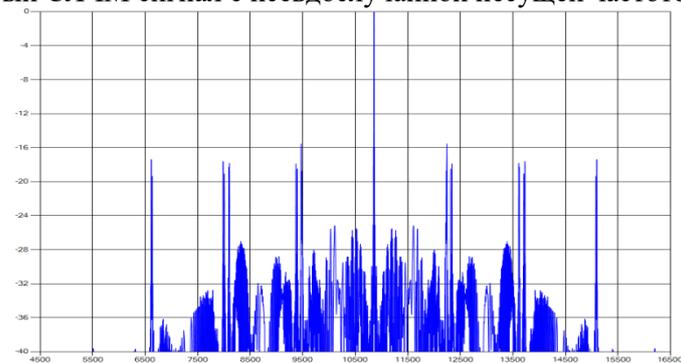


Рис. 6 – Сжатый СЛЧМ сигнал с псевдослучайными значениями для несущей частоты, начальной фазы и длительности защитного интервала для каждого ЭИ.

Литература

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. — М.: Радиотехника. 2004, 320с.
2. Ч. Кук, М. Бернфельд. Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. В.С. Кельзона. М.: Сов. радио, 1971.