

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНОМОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ

Коноплицкий А.С., Дубовик И.А.

*Военная академия Республики Беларусь  
Минск, 220057, Беларусь  
Andrey\_konoplizkii@mail.ru*

Заметный прогресс в развитии радиотехнических системах в значительной степени связан с использованием широкополосных и сверхширокополосных сигналов. Для эффективного применения таких сигналов к приемо-передающим трактам радиотехнических систем предъявляются особые требования – минимальные вносимые искажения амплитудного и фазового спектров сигналов.

Существует много видов широкополосных сигналов, позволяющих реализовать большую базу (до  $10^6$ ). Вместе с тем высокие требования к ширине спектра зондирующих сигналов ( $\Delta f > 200$  МГц) при одновременных ограничениях, накладываемых на равномерности амплитудно-частотной характеристики и характеристики групповой времени запаздывания, затрудняют возможность применения многих из них.

Широкое распространение получил широкополосный линейно-частотномодулированный (ЛЧМ) сигнал из-за ряда своих достоинств таких, как наибольшая простота схем формирования и обработки, возможность независимой отдельной регулировки выходной мощности и ширины спектра сигнала; слабо выраженная чувствительность к нестабильности центральной частоты [1].

Благодаря тому, что ЛЧМ сигнал имеет равномерный распределенный спектр, то такой сигнал наиболее предпочтительно использовать для оценки частотных свойств исследуемых цепей в полосе пропускания. Таким образом, рассмотрим широкополосный ЛЧМ сигнал в качестве тестового сигнала для моделирования и исследования передаточных свойств трактов радиотехнических систем.

Радиосигнал с ЛЧМ с прямоугольной огибающей на выходе радиопередающего устройства можно записать в виде [2]

$$u(t) = U(t) \cos\left[\omega_0 + \frac{\beta t^2}{2}\right], |t| < \frac{T}{2},$$

где  $\beta$  - скорость модуляции.

Вид во временной области ЛЧМ импульса на выходе полосового фильтра 5 порядка с равноволновой функцией передачи при неравномерности полосы пропускания 3 дБ показаны на рисунке 1.

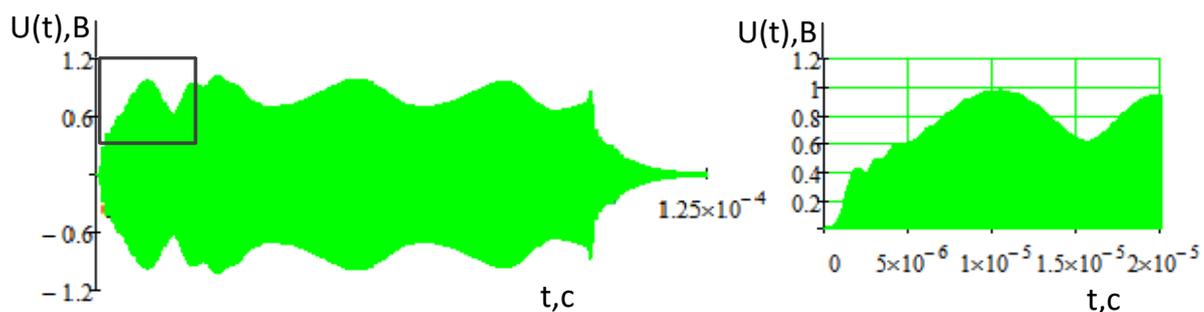


Рисунок 1 – ЛЧМ сигнал во временной области на выходе полосового фильтра 5 порядка с равноволновой функцией передачи

Наиболее рациональным для оценки вносимых искажений является исследование нормированного сжатого радиоимпульса. В таком случае оценке подлежат уровень главного лепестка, относительный уровень и асимметрия боковых лепестков. На рисунке 2 приведены вид сжатого ЛЧМ импульса во временной области

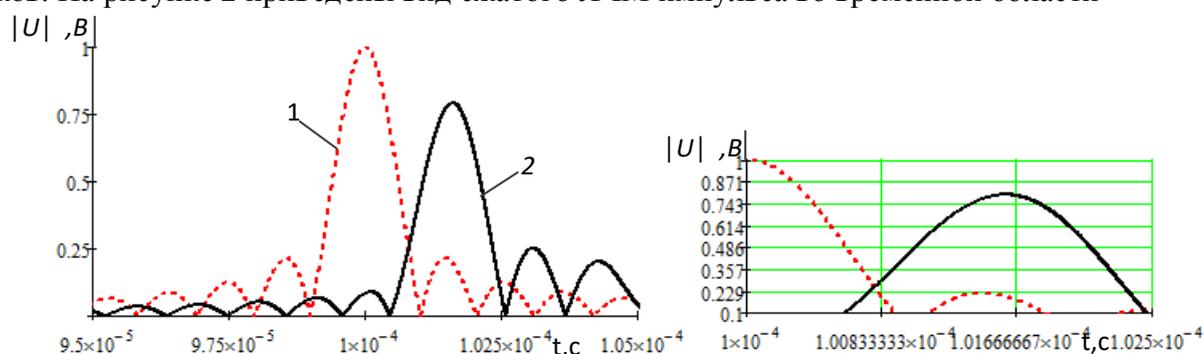


Рисунок 1 – Временная структура сжатого ЛЧМ идеального(1), результирующего(2) сигнала на выходе полосового фильтра 5 порядка с равноволновой функцией передачи

При амплитудно-частотном искажении происходит незначительное уменьшение пиковой амплитуды выходного ЛЧМ сигнала полосового фильтра. Таким образом при малых ухудшениях значения пиковой амплитуды, которая составляет 0,986, наблюдается лишь небольшое ухудшение характеристик обнаружения ЛЧМ сигналов.

Фазочастотное искажение имеет более значимое влияние на выходной сигнал. Как видно, из рисунка 2, при фазочастотных искажениях присутствуют асинхронные боковые лепестки, которые представляют собой источник интерференции помех и приводят к потерям в отношении сигнал-шум. Также присутствует задержка пикового сигнала, что приводит к ошибке измерения дальности до цели.

### Литература

1. Верба В.С. Обнаружение наземных объектов / В.С. Верба // Москва Радиотехника. – 2007.– С. 11– 18.
2. Белов Л.А. Радиопередающие устройства с линейно частотной модуляцией / Л.А. Белов // Московский энергетический институт.– 1981. – С. 8 – 12.