

Овчинников Р.В.

*Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор В.В. Костров
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: ovch.rv.9n@yandex.ru*

Исследование методов формирования и обработки сложных сигналов с частотной модуляцией

Необходимость использования сложных сигналов для повышения информативности была доказана еще в конце 40-х годов. Сложные сигналы представляют собой сигналы, у которых произведение длительности на ширину спектра значительно превышает единицу, тем самым они обеспечивают высокую разрешающую способность по дальности и по скорости [1, с. 224]. В системах связи и радиолокации сложные сигналы с частотной внутриимпульсной модуляцией позволяют работать при высоком уровне шумов и помех, так же они способствуют снижению пиковой мощности передатчика.

Наибольшее распространение в радиолокационных станциях (РЛС) получили сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), так как по сравнению с другими сложными сигналами имеют ряд преимуществ: достижение большей девиации частоты [2, с. 266], простота оценки, улучшенные условия наблюдения эхо-сигнала на фоне помехи за счет увеличенной длительности наблюдения и последующего сжатия импульса [3].

Для формирования ЛЧМ воспользуемся законом ЛЧМ сигнала, который определяется поведением следующих функций

$$\Omega(t) = \mu t, \quad \omega(t) = \omega_0 + \mu t, \quad (1)$$

где $\Omega(t)$ – закон частотной модуляции, μ – скорость нарастания частоты в импульсе, $\omega(t)$ – мгновенная частота радиосигнала, ω_0 – несущая частота сигнала.

Обозначив максимальное изменение (девиацию) частоты через W , получаем

$$\mu = 2\pi \frac{W}{T}, \quad (2)$$

где T – длительность ЛЧМ импульса.

Для полной фазы колебаний имеем

$$\Phi_t = \int \omega(t) dt = \omega_0 t + \frac{1}{2} \mu t^2 + \varphi, \quad (3)$$

где φ – начальная фаза колебаний.

На основании выше изложенных формул, с помощью среды разработки Borland C++ Builder 6, разработана программа формирования ЛЧМ сигнала. Результаты работы программы приведены на рис.1. Моделирование проводилось при частоте дискретизации сигнала, равной 10 кГц; размер выборки при этом составил 4098. Девиация частоты W и несущая частота сигнала F задаются в окне программы. На первом графике в окне программы изображен спектр ЛЧМ сигнала. Далее применялся алгоритм сжатия ЛЧМ сигнала с применением алгоритмов поточного БПФ и ОБПФ, на втором графике изображен результат свертки сигнала. В правой части окна с помощью скроллинга предусматривается возможность контроля числовых данных, получившихся в процессе вычисления.

Одним из основных требований к сигналам используемых в РЛС является малый уровень боковых лепестков (УБЛ) обработанного сигнала. По этой причине при выполнении работы, также проведено исследование зависимости УБЛ от частоты Доплера сжатого сигнала с ЛЧМ. Результаты моделирования представлены на рис.2. Нормировка доплеровского смещения частоты F_d производилась относительно ширины спектра радиоимпульса без частотной модуляции.

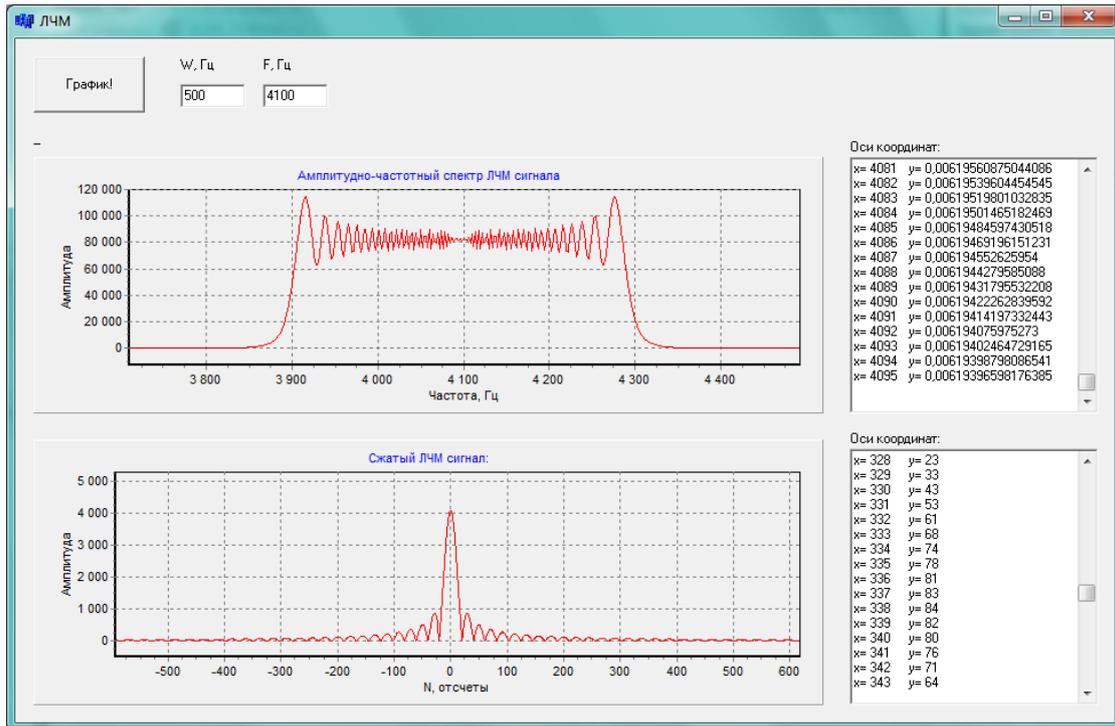


Рис.1. Результаты работы программы

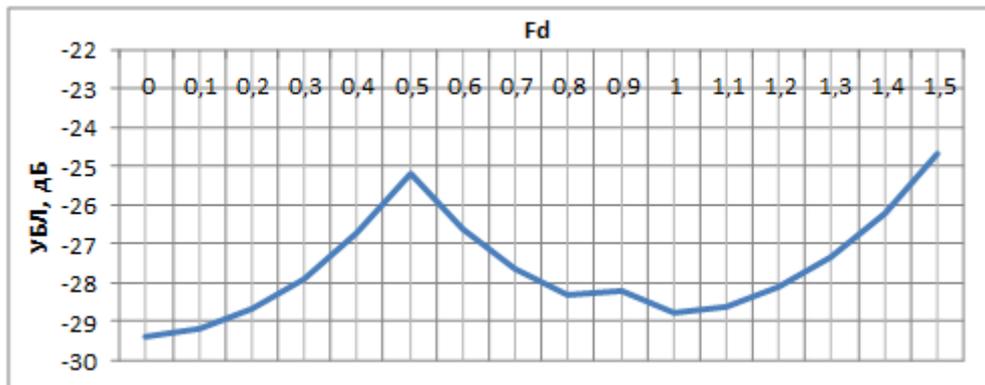


Рис. 2. Зависимость УБЛ от частоты Доплера сигнала с ЛЧМ

Таким образом, результаты моделирования хорошо согласуются с известными экспериментальными данными, что позволяет использовать программную модель для изучения ЛЧМ сигнала.

Литература

1. Теоретические основы радиолокации / В.Е. Дулевич, А.А. Коростелев, Ю.А. Мельник / Под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Сов. радио, 1978. – 608 с.
2. Радиолокационные системы: учеб. / В.П. Бердышев, Е.Н. Гарин, А.Н. Фомин [и др.] / Под общ. ред. В.П. Бердышева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 400 с.
3. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. – М.: Радиотехника, 2014. – 632 с.