

Грошков И.Д.

Научный руководитель: к.т.н. доцент, преподаватель ФРЭКС Федосеева Е.В.  
 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  
 oid@mivlgu.ru

### Исследование спектров при формировании ФКМ сигналов методом цифрового синтеза

Во многих современных радиотехнических системах применяются сложные сигналы. Сложные сигналы, характеризуются тем, что произведение их длительности на ширину спектра (база сигнала) значительно больше единицы. [1, 2]

Использование сложных сигналов по сравнению с простыми имеет ряд преимуществ. В частности, в радиолокации использование сложных сигналов позволяет достигнуть высокого энергетического потенциала РЛС, при ограниченной мощности излучения и обеспечить повышенную помехозащищенность.

Среди большого многообразия сложных сигналов в устройствах формирования и сжатия широко применяются ФКМ-сигналы. Использование ФКМ сигналов позволяет получить идеальную форму корреляционной функции и, в ряде случаев, упростить схему формирования.

Развитие цифровой техники предоставляет широкие возможности для генерации сигнала с ФКМ, что целесообразно использовать при разработке радиотехнических средств. [3, 4]

В данной работе исследованы особенности формирования ФКМ сигналов при использовании принципа цифровой квадратурной модуляции.

Структурная схема цифрового квадратурного модулятора приведена на рисунке 1.

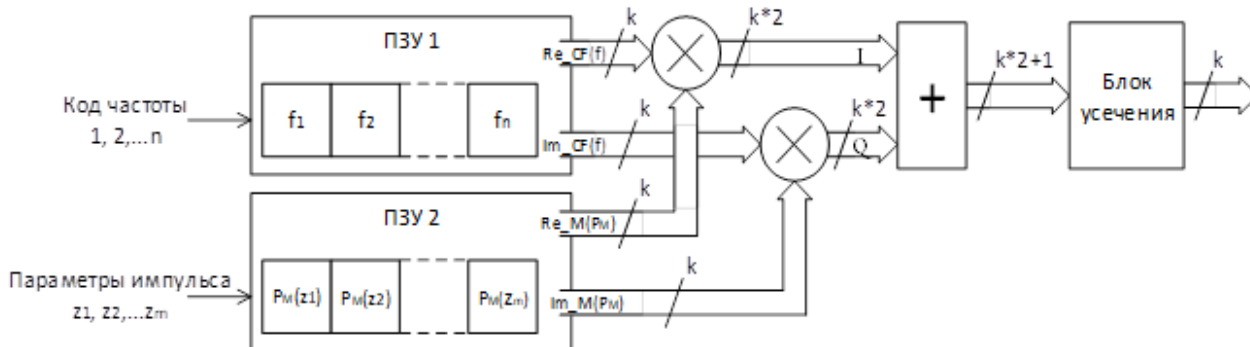


Рисунок 1 – Структурная схема формирователя ФКМ сигналов с использованием цифрового квадратурного модулятора.

Несущий и модулирующий сигналы представлены в виде цифровых квадратурных отсчетов с знаком и имеют число разрядов  $k$ .

Отсчеты несущего сигнала хранятся в ПЗУ 1 и содержат синфазное  $Re\_CF(f)$  и квадратурное  $Im\_CF(f)$  значения и определяются формулой 1 и 2 соответственно.

$$Re\_CF(i) = [\cos(2 \cdot \pi \cdot (1/fd) \cdot i \cdot f) \cdot 2^{k-1}], \quad (1)$$

$$Im\_CF(i) = [\sin(2 \cdot \pi \cdot (1/fd) \cdot i \cdot f) \cdot 2^{k-1}]. \quad (2)$$

Где  $f$  – частота несущего сигнала;  $fd$  – частота дискретизации;  $i$  – номер отсчета; [...] – целая часть числа.

Модулирующий сигнал также представлен комплексным числом с синфазной  $Re\_M(Pm)$  и квадратурной  $Im\_M(Pm)$  составляющими расположенными в ПЗУ 2.

Отсчеты сигнала  $S(i)$  на выходе модулятора получают путем комплексного умножения несущего и модулирующего сигналов в соответствии с формулой 3.

$$S(i) = (Re\_CF(i) \times Re\_M(i)) + (Im\_CF(i) \times Im\_M(i)). \quad (3)$$

После выполнения комплексного умножения и суммирования синфазной и квадратурной составляющих разрядность полученного отсчета увеличивается до  $2 \cdot k + 1$ . [5] Для того чтобы

получить на выходе модулятора отсчеты с разрядностью  $k$  сигнал должен быть усечен в соответствии с формулой 4, что приводит к искажениям при формировании.

$$S'(i) = [S(i) \times (2^k) / (2^{(2 \cdot k + 1)})] \quad (4)$$

С целью оценки влияния искажений, вызванных цифровым представлением сигнала с конечной разрядностью  $k$  была построена модели формирователя ФКМ-сигналов.

В результате моделирования на основе составленной программы был получен ряд характеристик, в различных сечениях схемы и при различных значениях разрядности ЦАП.

Выходной сигнал устройства формирования отсчетов радиоимпульса с ФКМ после нормировки (после блока усечения) при  $k = 16$  и  $k = 8$  приведены на рисунке 2.

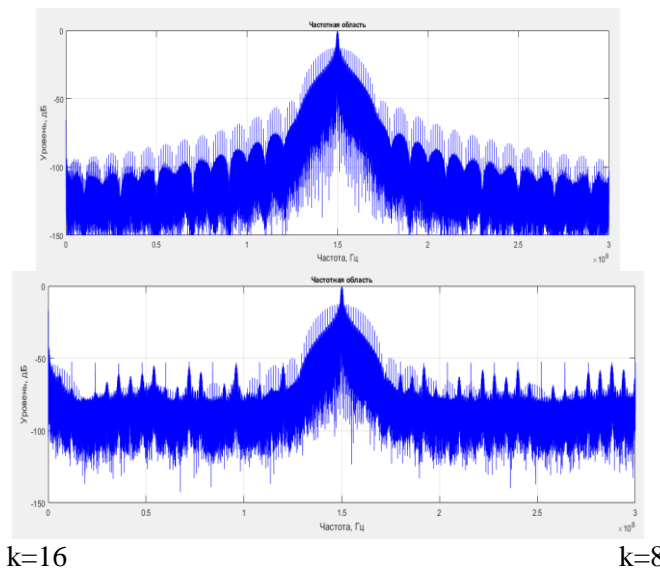


Рисунок 2 – Спектр сигнала на выходе цифрового квадратурного модулятора при различных значениях разрядности  $k$  ЦАП

В результате анализа полученных характеристик можно заключить, что для формирования цифровым квадратурным модулятором ФКМ радиоимпульса требуется сетка разрядности представления чисел не менее  $2^{12}$ . При снижении разрядности в спектр формируемого сигнала вносятся значительные искажения.

В дальнейшей работе планируется создание программного комплекса который позволит провести более детальное моделирование при построении схем формирователей на основе принципа цифрового квадратурного синтеза.

### Литература

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов – М.: Радиотехника – 2004. – 320 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988.– 448 с.
3. Кривченков Д.Н. Использование зондирующих сигналов с фазовой кодовой манипуляцией в соответствии с дополнительными последовательностями // Межвузовский сборник научных трудов: Методы и устройства обработки сигналов в радиотехнических системах. Выпуск 6, 2012, С.52-59.
4. Варакин Л. Е. Теория сложных сигналов. М.: Сов. радио, 1970. – 376 с.
5. Карташев В.Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 109 с.