

Смирнов М.С.

*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*

Программная реализация фильтра-интерполятора для повышения частоты дискретизации радиолокационных сигналов

В последнее время все большую роль играют методы цифрового генерирования радиолокационных сигналов, в которых формирование сигнала сначала производится в форме дискретных отсчетов, а затем при помощи цифро-аналогового преобразования формируется излучаемый сигнал. При этом по-прежнему встает необходимость использования аналоговых фильтров нижних частот, подавляющим все частотные компоненты, лежащие выше частоты половины частоты дискретизации. Этот фильтр необходим, чтобы избежать наложения спектров в процессе цифро-аналогового преобразования и называется фильтром восстановления[1]. Избавиться от подобных проблем позволяет использование многоскоростной обработки сигналов.

Многоскоростная обработка применима для формирования выходного сигнала. Данные, характеризуемые пониженной частотой дискретизации, извлекаются из памяти и преобразуются в сигнал с увеличенной частотой дискретизации. Эта процедура повышения частоты дискретизации называется интерполяцией и состоит в дополнении сигнала нулевыми элементами, между каждыми двумя соседними отсчетами. В результате получаем импульсный портрет сигнала, в спектре которого содержатся полезные частоты и их периодически повторяющиеся копии. Все частотные компоненты, лежащие выше нужной частоты, подавляются цифровым низкочастотным фильтром. После перехода к непрерывному сигналу с помощью ЦАП в качестве устройства аналоговой обработки используется простая RC-цепь, на выходе которой получаем восстановленный сигнал.

Целью данной работы является разработка программного фильтра-интерполятора на основе структуры Хогенауэра для повышения частоты дискретизации формируемых сигналов.

Фильтр-интерполятор, увеличивающий частоту дискретизации в восемь раз и реализуемый в виде каскадного соединения СИС-фильтра (фильтр Хогенауэра) и корректирующего FIR-фильтра, можно представить структурной схемой представленной на рис. 1.

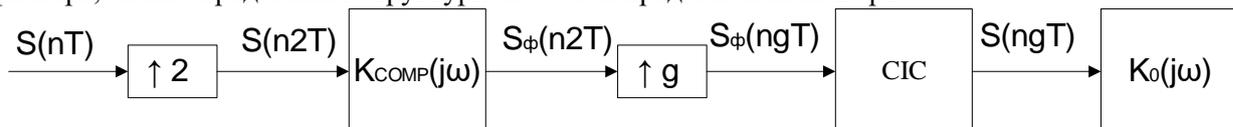


Рис. 1 – Фильтр-интерполятор: каскадное соединение корректирующего FIR-фильтра и СИС-фильтра

В процессе реализации, был сформированы отсчеты ЛЧМ сигнала ($S(nT)$), частота дискретизации которого составляет 12МГц. В соответствии со схемой рисунка рис. 1 ЛЧМ-сигнал интерполируется в 2 раза, т.е. повышается частота дискретизации с 12МГц до 24МГц. Это осуществляется за счет того, что между соседними отсчетами добавляются нули. После интерполяции сигнала спектр размножается в 2 раза (рис. 2).

Далее ЛЧМ-сигнал поступает на фильтр-корректор, который устраняет зеркальные составляющие спектра сигнала. Из-за особенностей фильтра-корректора происходит искажение формы сигнала (рис. 3-4).

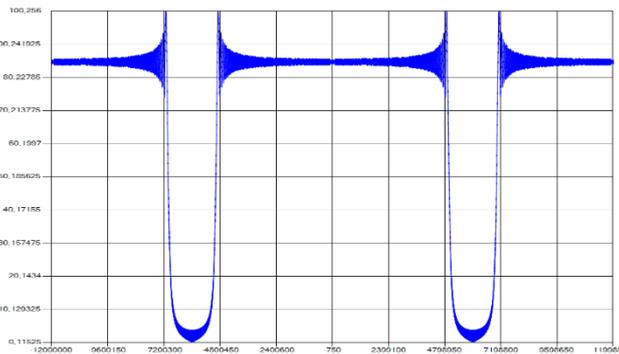


Рис. 2 АЧХ спектра ЛЧМ сигнала после удвоения отсчетов

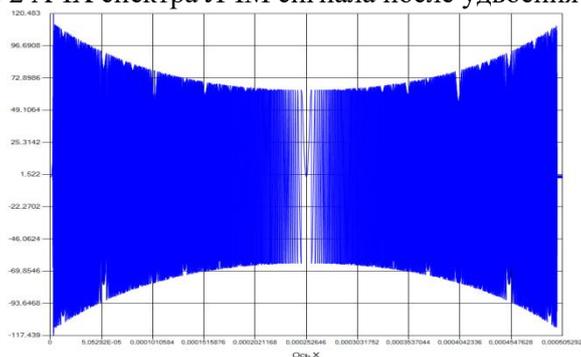


Рис. 3 Временная форма ЛЧМ сигнала после корректирующего КИХ фильтра

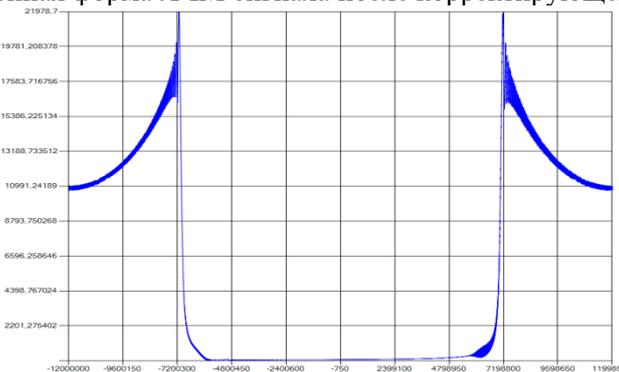


Рис. 4 АЧХ спектра ЛЧМ сигнала после корректирующего КИХ фильтра

Далее сигнал интерполируется в 4 раза ($g = 4$), тем самым спектр сигнала размножается на 4 компоненты (рис. 5). Затем сигнал фильтруется с помощью СИС-фильтра, который удаляет зеркальные компоненты и компенсирует искажения, полученные от FIR-фильтра (рис. 6). После всех манипуляций количество отсчетов сигнала увеличивается в 8 раз по сравнению с входным сигналом.

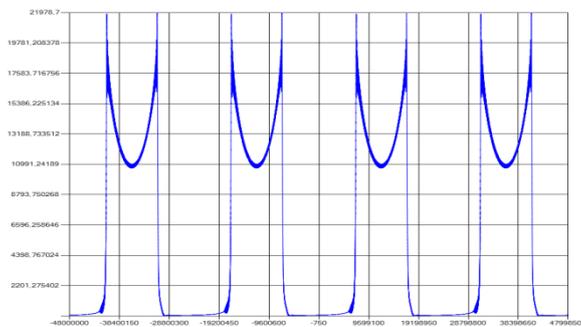


Рис. 5 АЧХ спектра ЛЧМ сигнала после учетверения отсчетов

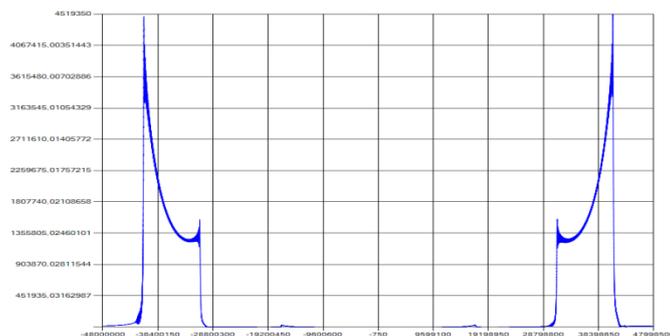


Рис. 6 АЧХ спектра ЛЧМ сигнала после СІС фильтра

Литература

1. Смит, Стивен Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / пер. с англ. — М.: Додэка-XX1, 2012.