

УДК 004.942

А.А. Хромыхин, И.А. Тарасова

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра системного анализа и моделирования

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ СИГНАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ МОДУЛЯЦИИ

Аннотация

Хромыхин А.А., Тарасова И.А. Система управления формированием сигналов с различными видами модуляции. Выполнен анализ методов формирования сигналов с различными видами модуляции. Произведено сравнение алгоритмов и схем формирования разных типов сигналов. Синтезирован универсальный алгоритм, позволяющий формировать все виды сигналов с различными модуляциями.

Ключевые слова: методы формирования сигналов, различные виды модуляции, универсальный алгоритм.

Постановка задачи исследования. В сфере радиоэлектроники все большее применение находит цифровая модуляция радиосигналов. Цифровая модуляция применяется во многих областях, в том числе цифровом радио - и телевидении, компьютерных технологиях, связи (модем, радио, оптоволокно). Современные системы связи используют цифровые методы кодирования и модуляции как наиболее эффективные и надежные способы передачи информации. Существует множество алгоритмов синтеза модулированных сигналов различающихся способами реализации. Таким образом, возникает необходимость разработать универсальную систему формирования сигналов с различными видами модуляции.

Целью работы является сокращение времени формирования сигналов, за счет разработки системы управления формированием сигналов с различными видами модуляции.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить задачи:

- провести анализ методов цифровой обработки сигналов;
- синтезировать алгоритм, позволяющий формировать все основные виды модуляций.

Решение задач и результаты исследований. Проведен анализ методов цифровой обработки сигналов [1], [3], а также цифровой обработки сигналов в среде MATLAB [2]. Выявлено, что основным свойством аналитического сигнала является отсутствие спектральных составляющих в отрицательной области частот, что достигается при использовании идеального фильтра Гильберта, представляющего собой идеальный фазовращатель. Был рассмотрен физически реализуемый КИХ фильтр Гильберта, который вносит

амплитудные искажения в исходный сигнал и не обеспечивает полного подавления спектральных составляющих в отрицательной области частот. Также был рассмотрен цифровой формирователь аналитического сигнала на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ). В результате исследований сделан вывод, что оптимальным является цифровой формирователь аналитического сигнала на основе квадратурного преобразователя. Его отличительная особенность – это возможность обеспечения заданного уровня подавления составляющих в отрицательной области частот, возможность применения БИХ фильтров, а также более простая аппаратная реализуемость по сравнению с формирователем на основе БПФ, что уменьшает время формирования сигналов и увеличивает быстродействие системы.

Для решения поставленных задач предлагается исследовать цифровой формирователь аналитического сигнала на основе квадратурного преобразователя.

Структурную схему формирователя можно представить, как показано на рисунке 1.

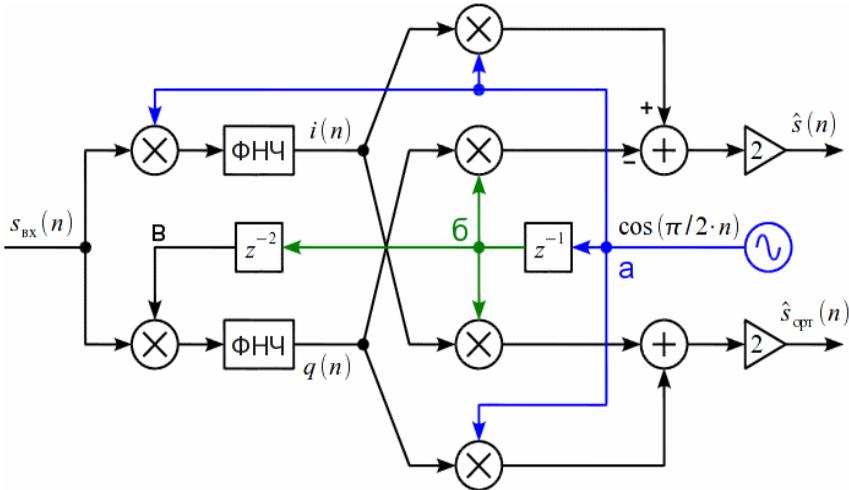


Рисунок 1 – Структурная схема формирователя аналитического сигнала

Универсальный алгоритм состоит в следующем. Формируется 2-х канальная (I/Q) битовая последовательность, как показано на рисунке 2. Далее битовые последовательности проходят через формирующий фильтр. Фильтр реализуется при помощи 3-х (или более) последовательно включенных интерполяторов. Удваивается тактовая частота, затем производится свертка с импульсной характеристикой фильтра. Формирующие фильтры могут быть самые разнообразные. Основные принципы: сузить спектр сигнала, но так чтобы потом можно было восстановить тактовую синхронизацию. Далее снова производится несколько раз удвоение тактовой частоты и интерполяция. Но в

этом случае интерполяторы уже практически не влияют на форму сигнала (полоса фильтра значительно шире спектра сигнала). Это делается для того, чтобы символ передавался за большее количество тактов, чтобы сохранить его спектр после модуляции.

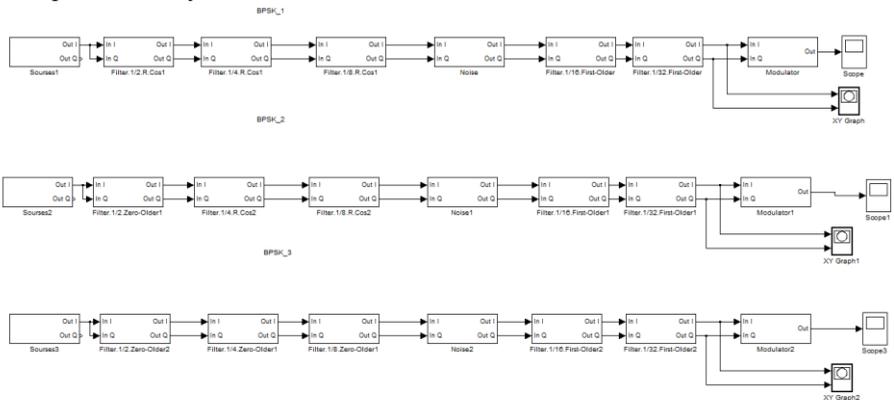


Рисунок 2 – Структурная схема формирования I и Q квадратур

Коэффициенты формирующих фильтров:

$h1 = [-6 \ 0 \ 37 \ 0 \ -125 \ 0 \ 316 \ 0 \ -736 \ 0 \ 2562 \ 4096 \ 2562 \ 0 \ -736$

$0 \ 316 \ 0 \ -125 \ 0 \ 37 \ 0 \ -6];$ Приподнятый косинус 1

$h2 = [0.5 \ 1 \ 0.5];$ Линейный

$h3 = [0 \ 0.146 \ 0.5 \ 0.854 \ 1 \ 0.854 \ 0.5 \ 0.146 \ 0];$ Хеннинг

$h4 = [0.08 \ 0.215 \ 0.54 \ 0.865 \ 1 \ 0.865 \ 0.54 \ 0.215 \ 0.08];$ Хемминг

$h5 = [0 \ 0.066 \ 0.34 \ 0.774 \ 1 \ 0.774 \ 0.34 \ 0.066 \ 0];$ Блекман

$h6 = [-1/16 \ 0 \ 9/16 \ 1 \ 9/16 \ 0 \ -1/16];$ Кубический

$h7 = [0.029 \ 0.135 \ 0.41 \ 0.8 \ 1 \ 0.8 \ 0.41 \ 0.135 \ 0.029];$ Гаусс

$h8 = [0 \ 0.707 \ 1 \ 0.707];$ Косинус

$h9 = [1];$ Умножение частоты без интерполяции

$h10 = [1 \ 0 \ -3 \ 0 \ 8 \ 0 \ -16 \ 0 \ 29 \ 0 \ -50 \ 0 \ 81 \ 0 \ -131 \ 0 \ 216 \ 0 \ -400 \ 0 \ 1264 \ 1998 \ 1264 \ 0 \ -400$

$0 \ 216 \ 0 \ -131 \ 0 \ 81 \ 0 \ -50 \ 0 \ 29 \ 0 \ -16 \ 0 \ 8 \ 0 \ -3 \ 0 \ 1];$ Приподнятый косинус 2

Таким способом, загружая в модель необходимые коэффициенты фильтров, были получены такие виды модуляций: KAM_64, QPSK, pi_4_QPSK, OQPSK, BPSK, OBPSK, FSK, GMSK, MSK, OOK, ASK, ASK8, PSK8, FSK8, KAM_32, KAM_256, KAM_128. Для всех видов модуляций были построены спектры сигналов, глазковые диаграммы и временные реализации сигналов.

Анализ полученных результатов, показывает универсальность данного метода. Пример полученных сигналов можно увидеть на рисунке 3.

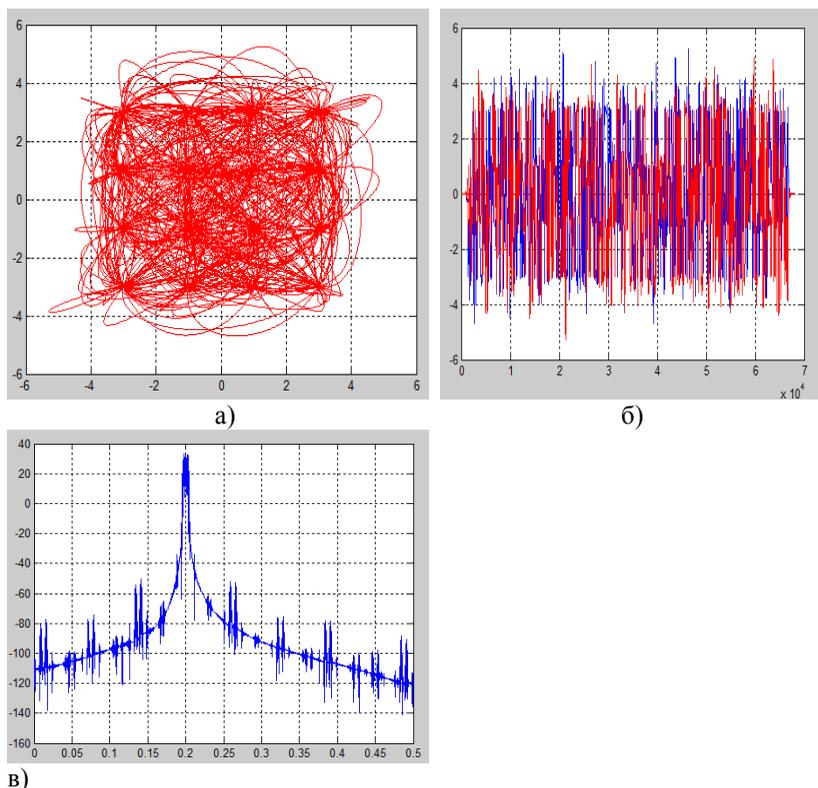


Рисунок 3 – Сигнал квадратурной амплитудной манипуляции КАМ-16
а) глазковая диаграмма, б) временная реализация сигнала, в) спектр сигнала

Выводы. Проведен анализ методов формирования сигналов. Создан универсальный алгоритм. Произведен синтез сигналов с применением данного алгоритма. Результаты показали, что с помощью данного метода можно формировать практически все виды модуляций.

Список литературы

1. Теория и практика цифровой обработки сигналов/ Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://dsplib.rul](http://dsplib.rul) - Загл. с экрана.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка сигналов в среде MATLAB /– М.:Техносфера, 2006. – 616с.
3. Гольденберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк. Цифровая Обработка Сигналов. – М.:«Программные продукты и системы», 2011. – 234с.