

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Глушкевич Е.В., Брушков А.А., Печень Т.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, [mr.evg4@mail.ru](mailto:mr.evg4@mail.ru), [naileralex@gmail.com](mailto:naileralex@gmail.com), [tat@bsuir.by](mailto:tat@bsuir.by)

Abstract. The efficiency of the QAM modulator and the verification of the QAM modulator for the presence of linear distortions are considered.

Когда целью является высокая эффективность использования спектра, наиболее часто применяют схемы квадратурной амплитудной модуляции (КАМ) с различным количеством позиций в совокупности.

КАМ является популярным методом аналоговой передачи сигналов, используемым в некоторых беспроводных стандартах. Данный способ модуляции совмещает в себе амплитудную и фазовую модуляции, поэтому ее еще называют амплитудно-фазовой манипуляцией (АФМ).

Математическая модель исследования линейных искажений в системе передачи с КАМ описывается блок-схемой, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая структурная схема

На рисунке изображены: 1 – модулятор КАМ; 2 – канал связи; 3 – демодулятор КАМ.

На вход модулятора КАМ поступает случайный цифровой поток, пример которого изображен на рисунке 2.

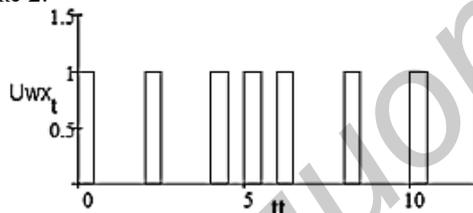


Рисунок 2 – Входной случайный цифровой поток

Принцип действия модулятора КАМ (рисунок 3) заключается в следующем: входной цифровой поток разбивается на два потока (поток нечетных символов (1, 3, 5 и т. д.) и поток четных символов (2, 4, 6 и т. д.)) [1]. Затем из этих двух потоков формируются синфазный  $I(t)$  и квадратурный  $Q(t)$  потоки соответственно, которые преобразуются в аналоговые сигналы с помощью цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

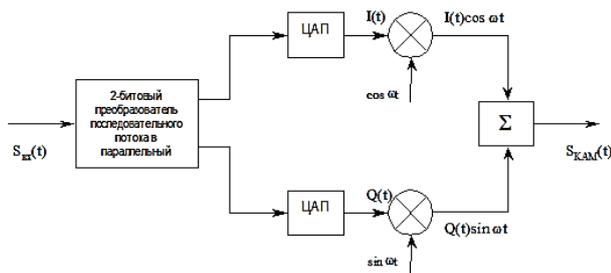


Рисунок 3 – Модулятор КАМ

Амплитудная модуляция (АМ) синфазного сигнала осуществляется с помощью перемножителя, на один вход которого подается данный сигнал, а на второй вход – гармоническое колебание (косинусоида).

АМ квадратурного сигнала осуществляется также с помощью перемножителя, на второй вход которого подается синусоида.

Конечным этапом работы схемы является суммирование двух итоговых сигналов.

Таким образом, на вход демодулятора поступает выходной сигнал модулятора, прошедший по каналу связи, в котором имеются шумы. Поэтому входной сигнал демодулятора может быть представлен в виде формулы (1):

$$U_{\text{вхD}}(t) = I(t)\cos(2\pi 2f_c t) + Q(t)\sin(2\pi 2f_c t) + r(t), \quad (1)$$

где  $r(t)$  – шумы канала связи.

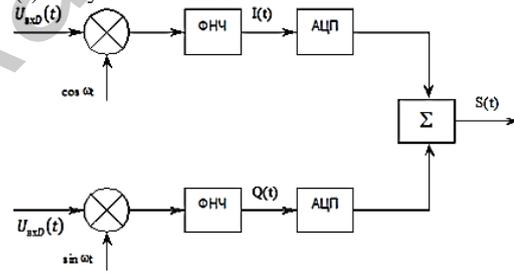


Рисунок 4 – Демодулятор КАМ

Сигнал на выходе демодулятора КАМ изображен на рисунке 5.

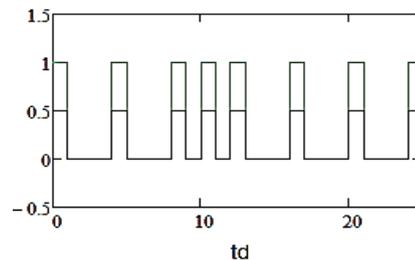


Рисунок 5 – Восстановленный и передаваемый цифровые потоки

Линейные искажения отсутствуют в системах связи в том случае, если АЧХ канала связи равномерная, а ФЧХ линейная. Иначе, для снижения их уровня необходимо применять корректоры в приеме-передающем тракте.

### Литература

1. Корневский С. А. Модуляция и демодуляция в системах телекоммуникаций. Лабораторный практикум : пособие / С. А. Корневский. – Мн. : БГУИР, 2015. – 72 с.