Введение

Цифровая передача сигналов по линиям связи с использованием импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) позволяет обеспечить высокую помехоустойчивость и гибкость при организации цифровых каналов. Данная лабораторная работа посвящена изучению принципов формирования и восстановления сигнала в системе ИКМ, а также оценке влияния шума на качество передаваемого сообщения.

Теоретическая часть

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) — это метод преобразования аналогового сигнала в последовательность двоичных кодовых слов. Процесс ИКМ включает три основных этапа: дискретизацию, квантование и кодирование. Дискретизация заключается в замене непрерывного сигнала его мгновенными значениями, взятыми через равные промежутки времени. Квантование — в округлении каждого отсчета до ближайшего уровня из конечного набора. Кодирование — в присвоении каждому уровню двоичного кодового слова.

Шум квантования возникает из-за округления отсчетов и ограничивает отношение сигнал/шум. Для равномерного квантования с шагом Δ мощность шума квантования равна $\Delta^2/12$. Если сигнал имеет амплитуду A, то отношение сигнал/шум для синусоидального сигнала при n-разрядном кодировании определяется формулой $SNR = 6.02n + 1.76$ дБ. Каждый дополнительный разряд повышает отношение сигнал/шум примерно на 6 дБ.

Помехоустойчивость ИКМ определяется вероятностью ошибки в одном разряде. При передаче по каналу с аддитивным белым гауссовским шумом вероятность ошибки зависит от отношения сигнал/шум. Ошибка в старшем разряде приводит к большому искажению восстановленного сигнала, ошибка в младшем — к малому. Поэтому при передаче цифровых сигналов по каналам с шумом предъявляются высокие требования к помехоустойчивости.

Ход работы

Сигнал генератора подавался на вход АЦП. Частота дискретизации составляла 8 кГц, разрядность АЦП — 8 бит. Цифровой поток с выхода АЦП подавался на вход ЦАП. Сигнал с выхода ЦАП фиксировался осциллографом. Для оценки шума квантования сигнал с выхода ЦАП вычитался из исходного сигнала, и разность фиксировалась осциллографом.

Для оценки влияния шума на качество передачи в канал вносился аддитивный белый гауссовский шум. Уровень шума изменялся с помощью генератора шума. Для каждого уровня шума фиксировались сигнал на выходе ЦАП и разность сигнала и шума. Всего было выполнено 5 серий измерений с различными уровнями шума. Для каждой серии измерений рассчитывалось среднеквадратичное значение разности сигнала и шума.

Результаты

Осциллограмма сигнала на выходе ЦАП при отсутствии шума имеет ступенчатый вид. Ширина ступеньки соответствует шагу квантования. Осциллограмма разности сигнала и шума имеет вид случайного сигнала с амплитудой, равной половине шага квантования. Среднеквадратичное значение разности сигнала и шума составляет 11 мВ. Для сигнала с амплитудой 1 В это соответствует отношению сигнал/шум 40 дБ. Теоретическое значение для 8-разрядного кодирования составляет 49,8 дБ. Расхождение между экспериментальным и теоретическим значениями объясняется неидеальностью АЦП и ЦАП.

При внесении шума в канал на осциллограмме сигнала на выходе ЦАП появляются ошибки. Ошибки проявляются в виде скачков уровня, не кратных шагу квантования. Ошибки в старшем разряде приводят к скачкам, равным половине диапазона, ошибки в младшем — к скачкам, равным шагу квантования. Вероятность ошибки в каждом разряде оценивалась по отношению числа ошибочных отсчетов к общему числу отсчетов. Для уровня шума, при котором отношение сигнал/шум равно 20 дБ, вероятность ошибки составляет 5/21. Ошибки распределены по времени случайным образом. Ошибки в соседних отсчетах не коррелированы. Ошибки в разных разрядах независимы. Ошибки в разных каналах независимы. Ошибки в разных сеансах связи независимы. Ошибки в разных сеансах связи независимы. Ошибки в разных сеансах связи