

Лекция 9. Импульсные виды модуляции

Импульсная модуляция (ИМ) не является в действительности каким-то особым типом модуляции. Далее различают импульсную амплитудную и импульсную частотную модуляции. Здесь учитывают то, каким образом информация представлена — с помощью импульса или ряда импульсов. Можно рассматривать в качестве модулируемой величины амплитуду импульса или его ширину, или его положение в последовательности импульсов и т. д. Следовательно, существует большое разнообразие методов импульсной модуляции. Все они используют в качестве формы передачи или АМ, или ЧМ.

Импульсная модуляция может быть использована для передачи как цифровых, так и аналоговых форм сигнала. Когда речь идет о цифровых сигналах, мы имеем дело с логическими уровнями (высоким и низким) и можем модулировать несущую (с помощью АМ или ЧМ) рядом импульсов, которые представляют цифровое значение.

При использовании импульсных методов для передачи аналоговых сигналов необходимо сначала преобразовать аналоговые данные в импульсную форму. Это преобразование также относится к модуляции, так как аналоговые данные используются для модулирования (изменения) последовательности импульсов или импульсной поднесущей. На рис. 4.22а показана модуляция синусоидальным сигналом последовательности импульсов.

Амплитуда каждого импульса в модулированной последовательности зависит от мгновенного значения аналогового сигнала. Синусоидальный сигнал может быть восстановлен из последовательности модулированных импульсов путем простой фильтрации. На рис. 4.22б графически показан процесс восстановления первоначального сигнала путем соединения вершин импульсов прямыми линиями. Однако восстановленная на рис. 4.22в форма колебаний не является хорошим воспроизведением первоначального сигнала из-за того, что число импульсов на период аналогового сигнала невелико. При использовании большего числа импульсов, т. е. при большей частоте следования импульсов по сравнению с частотой модулирующего сигнала, может быть достигнуто более

качественное воспроизведение. Этот процесс амплитудно-импульсной модуляции (АИМ), относящийся к модуляции поднесущей последовательности импульсов, может быть выполнен путем выборки аналогового сигнала через постоянные интервалы времени импульсами выборки с фиксированной длительностью.

Импульсы выборки это импульсы, амплитуды которых равны величине первоначального аналогового сигнала в момент выборки. Частота выборки (число импульсов в секунду) должна быть, по крайней мере, в два раза большей, чем самая высокая частота аналогового сигнала. Для лучшей воспроизводимости частота выборки обычно устанавливается в 5 раз большей самой высокой частоты модуляции.

АИМ является только одним типом импульсной модуляции. Кроме него существуют:

ШИМ – широтно-импульсная модуляция (модуляция импульсов по длительности);

ЧИМ – частотно-импульсная модуляция;

ИКМ – импульсно- кодовая модуляция.

Широтно-импульсная модуляция преобразует уровни выборок напряжений в серии импульсов, длительность которых прямо пропорциональна амплитуде напряжений выборок. Отметим, что амплитуда этих импульсов постоянна; в соответствии с модулирующим сигналом изменяется лишь длительность импульсов. Интервал выборки (интервал между импульсами) также фиксирован.

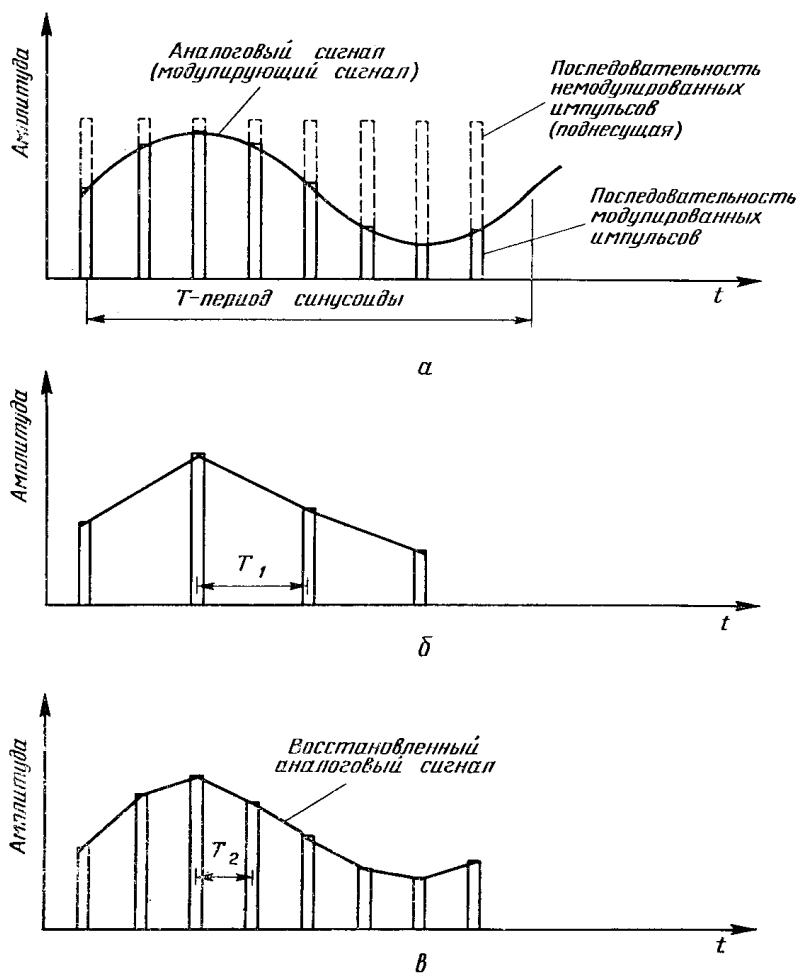


Рис. 4.22. Форма сигналов амплитудно-импульсной модуляции:

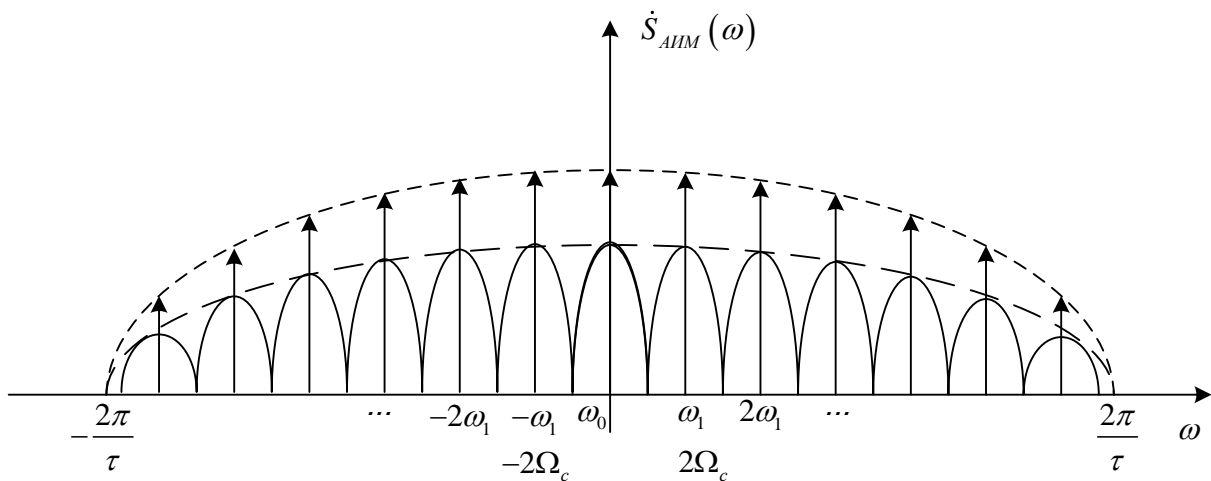
а – форма модулированного сигнала;

б – воспроизведенная форма сигнала при низкой частоте следования импульсов;

в – воспроизведенная форма сигнала при высокой частоте следования импульсов

(T_1, T_2 — периоды последовательности импульсов)

Частотно-импульсная модуляция преобразует уровни выборок напряжений в последовательность импульсов, мгновенная частота которых, или частота повторения, непосредственно связана с величиной напряжений выборок. И здесь амплитуда всех импульсов одинакова, изменяется только их частота. По существу это аналогично обычной частотной модуляции, лишь несущая имеет несинусоидальную форму, как в случае обычной ЧМ; она состоит из последовательности импульсов.



Ри

с. 4.23. Спектр АИМ сигнала

Цифровые виды модуляции используются для передачи кодированных сообщений дискретными методами. Сущность цифровой модуляции заключается в том, что передаваемый непрерывный сигнал дискретизируется во времени, квантуется по уровню и полученные отчеты, следующие в дискретные моменты времени, преобразуются в кодовые комбинации. Полученной последовательностью кодовых видеосигналов модулируется высокочастотный сигнал-переносчик.

Следовательно, цифровые методы модуляции основаны на трех необходимых преобразованиях полезных непрерывных сигналов: дискретизации, квантовании и кодировании.

Достоинствами цифровых методов модуляции являются:

- слабое влияние неидеальности и нестабильности характеристик аппаратуры на качество передачи информации;
- высокая помехоустойчивость даже при использовании каналов с нестабильными характеристиками и большим уровнем шумов;
- возможность регенерации (восстановления) сигналов в узлах связи сетей, что значительно ослабляет эффект накопления искажений сигналов при передаче информации по линиям большой протяженности;
- универсальная форма представления сигналов для различных сообщений (речь, телевизионное изображение, дискретные данные, команды управления работой устройств связи и т.п.);

- низкая чувствительность к нелинейным искажениям в групповом тракте многоканальных систем;
- относительно простое согласование этих систем с компьютерами и электронными автоматическими телефонными станциями, что играет важную роль для построения сетей связи;
- возможность автоматизации передачи и обработки сигналов с помощью компьютеров.

Основными недостатками систем с цифровыми способами передачи сигналов являются: значительное расширение занимаемой полосы частот каналов, необходимость обеспечения точной синхронизации сигналов и построения аппаратуры для регенерации сигналов на линиях большой протяженности.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы с импульсной кодовой модуляцией, в которых значение сигнала в дискретные моменты времени преобразуется в двоичные цифровые коды.

На рис. 4.24 показаны временные диаграммы сигналов в системе с ИКМ. На рис. 4.24а представлены исходный непрерывный сигнал с ограниченным спектром и дискретизированный сигнал с интервалом дискретизации $T \leq \frac{1}{F_m}$, где F_m - верхняя частота спектра сигнала. На рис. 4.24б показана полученная в результате квантования и кодирования последовательность двоичных видеоимпульсов. Из-за искажений сигналов и шумов в канале принятая видеопоследовательность (рис. 4.24в) отличается от переданной. Выбирается пороговый уровень S_0 , его превышение в моменты отсчета (стробирования) значения сигнала означает наличие импульса, а не превышение – отсутствие импульса. С помощью формирующих устройств из принятой видеопоследовательности создается “очищенная” последовательность, которая поступает на декодер. С выхода декодера импульсы, площадь которых равна соответствующим импульсным отсчётам исходного сигнала (рис. 4.24г), поступают на демодулятор, в простейшем случае на вход фильтра нижних частот, на выходе которого восстанавливается копия исходного непрерывного сигнала (рис. 4.24д).

Для получения регенерированной кодовой последовательности отсчёты принимаемого сигнала берутся в середине каждого тактового интервала длительностью L . Это делается для того, чтобы исключить влияние на работу демодулятора запаздывания и фазовых искажений сигналов в канале связи. В результате регенерируемая последовательность “задержана” на $\frac{L}{2}$ относительно переданной (рис. б и г). Правильное декодирование сигналов требует также, чтобы были приняты все разряды кодовой комбинации. Из-за этого принятые отсчёты оказываются дополнительно задержанными относительно передаваемых на интервал дискретизации T (рис. а и д).

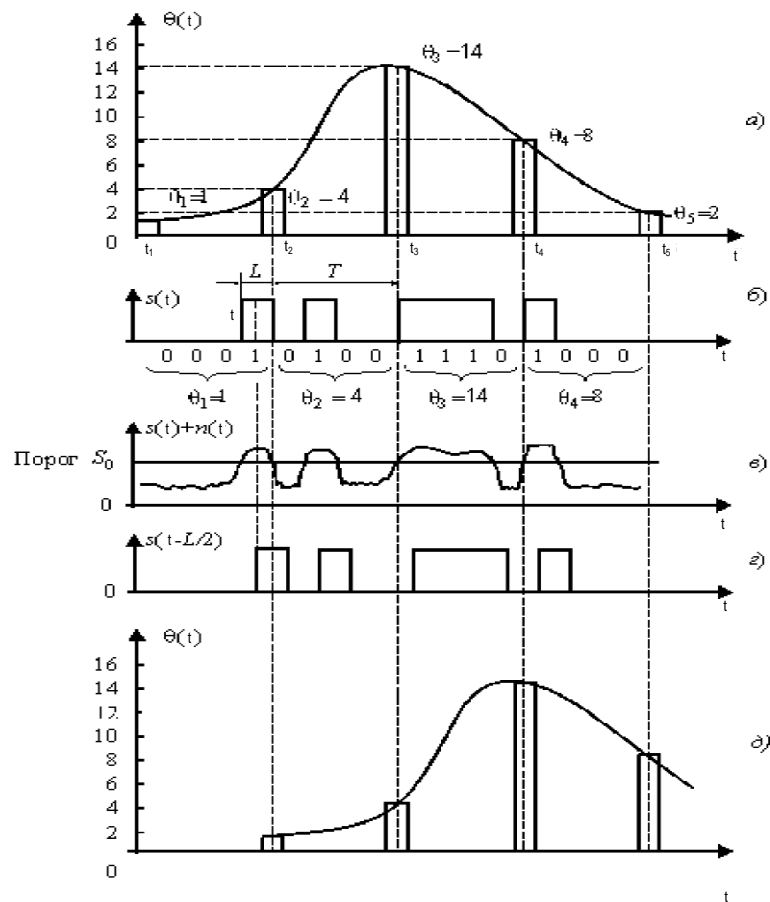


Рис. 4.24. Диаграммы сигналов в 4-разрядной системе ИКМ

Достоинствами цифровых методов модуляции являются:

- слабое влияние неидеальности и нестабильности характеристик аппаратуры на качество передачи информации;
- высокая помехоустойчивость даже при использовании каналов с нестабильными характеристиками и большим уровнем шумов;

- возможность регенерации (восстановления) сигналов в узлах связи сетей, что значительно ослабляет эффект накопления искажений сигналов при передаче информации по линиям большой протяженности;
- универсальная форма представления сигналов для различных сообщений (речь, телевизионное изображение, дискретные данные, команды управления работой устройств связи и т.п.);
- низкая чувствительность к нелинейным искажениям в групповом тракте многоканальных систем;
- относительно простое согласование этих систем с компьютерами и электронными автоматическими телефонными станциями, что играет важную роль для построения сетей связи;
- возможность автоматизации передачи и обработки сигналов с помощью компьютеров.

Основными недостатками систем с цифровыми способами передачи сигналов являются: значительное расширение занимаемой полосы частот каналов, необходимость обеспечения точной синхронизации сигналов и построения аппаратуры для регенерации сигналов на линиях большой протяженности.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы с импульсной кодовой модуляцией.

Ширина спектра ИКМ сигнала зависит от длительности кодового импульса и в $\log N$ раз больше, чем при АИМ. Этот недостаток перекрывается ее высокой помехоустойчивостью. Помехоустойчивость повышается за счет выравнивания амплитуды кодовых импульсов, а также в результате применения корректирующих кодов.