

## 9. СПЕКТРЫ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ СИГНАЛОВ

Изучение спектров передаваемых по каналам связи сигналов, представляющих собой в основном кодовые последовательности, преследует следующие цели:

– решить задачу согласования объема сигнала  $V_c$  с емкостью  $V_k$  предоставляемого канала связи для обеспечения выполнения неравенства  $V_c \leq V_k$ , являющегося необходимым условием безошибочной передачи;

– решить задачу организации в предоставленном частотном канале шириной  $\Delta F = F_g - F_n$  многочастотного векторного (параллельного) канала связи размерности  $n_{чк} = \Delta F / (1.1 \cdot \Delta F_{мс})$ , при ширине спектра модулированного сигнала  $\Delta F_{мс}$  с учетом десятипроцентных защитных полос.

Решение поставленных задач начнем с изучения спектров немодулированных сигналов.

### 9.1 Спектры немодулированных одиночных сигналов и импульсных (кодовых) последовательностей

При изучении спектров немодулированных сигналов ограничимся двумя их структурными типами:

– одиночный немодулированный сигнал, который является носителем бита информации в двоичной кодовой последовательности;

– последовательность одиночных немодулированных сигналов, спектр которой на основании предельного перехода по числу этих сигналов в последовательности (коде), позволит судить о спектре кодовой последовательности.

Изучение спектра немодулированного сигнала осуществляется с помощью прямого преобразования Фурье. Тогда, если  $u(t)$  – немодулированный сигнал, то его спектр  $S_U(j\omega)$  в силу прямого преобразования Фурье определится выражением

$$S_U(j\omega) = F\{u(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (9.1)$$

Спектр  $S_U(j\omega) = F\{u(t)\}$  (9.1) является комплексным, а потому представим в форме

$$S_U(j\omega) = S_U(\omega) \cdot \exp\{j \cdot \arg\{S_U(j\omega)\}\} = S_U(\omega) \cdot \exp\{j \cdot \varphi(\omega)\}, \quad (9.2)$$

где  $S_U(\omega) = |S_U(j\omega)|$  – амплитудный частотный спектр сигнала  $u(t)$ ,  $\varphi(\omega) = \arg\{S_U(j\omega)\}$  – фазовый частотный спектр сигнала  $u(t)$ . Если

исследуемый сигнал  $u(t)$  по своей природе симметричный, при этом симметризованный относительно начала координат, то выполняются соотношения

$$S_U(j\omega) = S_U(\omega), \varphi(\omega) = \arg\{S_U(j\omega)\} = 0. \quad (9.3)$$

В дальнейшем исследовании немодулированного сигнала  $u(t)$  проводятся в предположении справедливости положений (9.3). Для этого случая в таблице 9.1 приведены амплитудные частотные спектры  $|S_U(\omega)|$  наиболее употребительных немодулированных сигналов  $u(t)$ .

Из таблицы 9.1. видно, что амплитудный частотный спектр последовательностей из произвольного числа импульсов имеет ту же огибающую кривую, что и одиночные импульсы ее образующие. Следовательно ширина амплитудного частотного спектра последовательности совпадает с шириной амплитудного частотного спектра образующих эту последовательность одиночных импульсов. Теоретически при любом числе импульсов в последовательности ее амплитудный частотный спектр является непрерывным, но практически при числе импульсов, превышающем число 7, он становится линейчатым, то есть дискретным.

Поэтому, когда встает задача согласования сигнала в виде кодовой последовательности без модуляции с предоставленным каналом связи, достаточно оценить ширину спектра элементарного сигнала кода (бита) и проверить, не оказалась ли эта ширина больше полосы пропускания канала связи.

Модуляция, как будет показано ниже, расширяет спектр передаваемого по каналу связи сигнала и это обстоятельство надо иметь в виду.