

Ортогональные сигналы: Для ортогональных сигналов существуют другие требования к полосе. Пусть $M = 2^K$ ортогональных сигналов синтезированы посредством ортогональных несущих с минимальным разносом частот $\frac{1}{2T}$ для ортогональности, то полоса частот, требуемая для передачи $K = \log_2 M$ информационных бит равна $W = \frac{M}{2T} = \frac{M}{2(K/R)} = \frac{M}{2 \log_2 M} \cdot R$. В этом случае при увеличении M растет W при $R = const$. Частотная эффективность ортогональных сигналов определяется следующим выражением:

$$\frac{R}{W} = \frac{2 \log_2 M}{M} \quad (3.14)$$

Компактное и осмысленное сравнение методов цифровой модуляции основывается на зависимости $\frac{R}{W}$ от $\frac{E_b}{N_0} = q_b$, где q_b – отношение сигнал/шум на бит, требуемое для достижения заданной вероятности ошибки.

$E_b = P_{cp} T_b$ – энергия на бит,

$$P_{cp} = \frac{\int_0^T S^2(t) dt}{T} = \frac{\int_0^T S^2(t) dt}{K T_b} \Rightarrow E_b = \frac{\int_0^T S^2(t) dt}{K} = \frac{E}{K}.$$

В случае АМ, КАМ, ФМ увеличение M ведет к росту частотной эффективности $\frac{R}{W}$. Но плата за это увеличивается по мере роста q_b . Следовательно, эти методы модуляции предпочтительны для частотно ограниченных каналов связи, когда желательно иметь $\frac{R}{W} > 1$, и где обеспечивается достаточно большое q_b , чтобы поддержать рост M , например, телефонные каналы, цифровые микроволновые радиоканалы.

Напротив, М-позиционные ортогональные сигналы дают $\frac{R}{W} \leq 1$. При увеличении M падает частотная эффективность $\frac{R}{W}$, т.к. увеличивается полоса W (при $R = const$). Но q_b требуемое для достижения заданной вероятности ошибки уменьшается с ростом M . Следовательно, М-позиционные ортогональные сигналы предпочтительны для каналов с ограничением мощности, которые имеют достаточно широкую полосу для размещения большого количества сигналов.