

УДК 621.372

Моделирование систем передачи информации с некогерентной обработкой в системе MatLab+Simulink

*Дорждеева А.В., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»*

*Научный руководитель: Комягин Р.В., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»
main@rl1-11.bmstu.ru*

В системах передачи информации с целью повышения помехоустойчивости при воздействии шумовой помехи в части полосы сигнала могут применяться различные способы. Эффективными способами повышения помехоустойчивости являются, например: M -ичная частотная манипуляция, разнесение символов на независимые частотные элементы и передача каждого из них на своей частоте, а также кодирование. При этом возникает задача определения дополнительного выигрыша при использовании M -ичных частотно-манипулированных (МЧМн) сигналов. Цель работы – исследование помехоустойчивости систем передачи с некогерентной обработкой при M -ичной ЧМ.

Исследование влияния спектральной эффективности M -ичных частотно-манипулированных сигналов на помехоустойчивость систем проводилось методами математического и имитационного моделирования.

При M -ичной частотной манипуляции для передачи информации битовый поток разбивается на пакеты из n символов и каждый пакет передается на отдельной частоте из M возможных, при этом $n = \log_2 M$ бит. Все M возможных пакетов и, соответственно, частот обозначим как M сообщения: $m_i, i=1, 2, \dots, M$.

Частота высокочастотного колебания изменяется скачком на величину $\pm \Delta f_m$ относительно несущей частоты f_n (рис. 1). Таким образом, на выходе ЧМн вырабатываются колебания на частотах f_1 и f_2 . Разность частот $f_1 - f_2 = \Delta f_{сдв}$ называют частотным сдвигом. Максимальное отклонение частоты Δf_m от несущей называют девиацией.

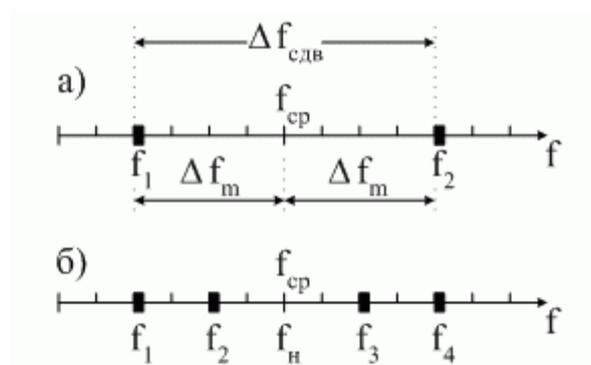


Рис. 1. Параметры частотно-манипулированных сигналов

Различают частотную манипуляцию: с разрывом фазы и без разрыва фазы. Общий вид ЧМн сигнала с разрывом фазы можно представить в виде суммы двух АМ сигналов с разными несущими частотами f_1 и f_2 . Вид ЧМн сигнала с разрывом фазы можно записать в виде

$$S_{\text{ЧМн}}(t) = S_{1\text{АМ}}(t) + S_{2\text{АМ}}(t). \quad (1)$$

При МЧМн без разрыва фазы каждый из M сигналов разной частоты можно записать как

$$S_i(t) = A \cdot \cos(\omega_i t + \phi_i), \quad (2)$$

где ϕ_i – произвольная начальная фаза, а частоты ω_i удовлетворяют соотношению $\omega_i = 2\pi k_i / T$, k_i – натуральные числа, T – длительность пакета из n символов.

Помехоустойчивость систем связи характеризуется вероятностью ошибки $P_{\text{ош}}$. Минимум вероятности ошибки имеет место при ортогональности сигналов. Ортогональности можно добиться, если выбрать

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{2\pi}{T} k, \quad (3)$$

или

$$f_1 - f_2 = \frac{k}{T} = \frac{ku_k}{T}, \quad (4)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots$; $u_k = 2/T$ — скорость, равная числу символов, передаваемых по каналу связи в одну секунду.

При некогерентном приеме M ортогональных сигналов средняя вероятность ошибки в канале с неопределенной фазой и аддитивной гауссовской помехой равна

$$P_{\text{ош}} \approx [(m-1)/2] \exp(-h_m^2/2), \quad (5)$$

где отношение сигнал – шум, приходящееся на один m-ичный сигнал,

$$h_m^2 = P_c T_m / N_o, \quad (6)$$

где T_m – длительность m-ичного сигнала, P_c – мощность сигнала, N_o – спектральная плотность мощности шума.

Для исследования помехоустойчивости в среде Simulink промоделирована система передачи информации с многоуровневой частотной манипуляцией. Модель содержит генератор случайной информационной последовательности Random Integer длиной 100 бит, схему модуляции – 2-FSK, 4-FSK, 8-FSK, 16-FSK, 32-FSK (M-FSK Modulator Baseband), имитатор канала с аддитивным белым гауссовским шумом (AWGN Channel), схему расчета вероятности ошибки Error Rate Calculation. На рис. 2 представлена модель системы передачи для 2-FSK сигнала.

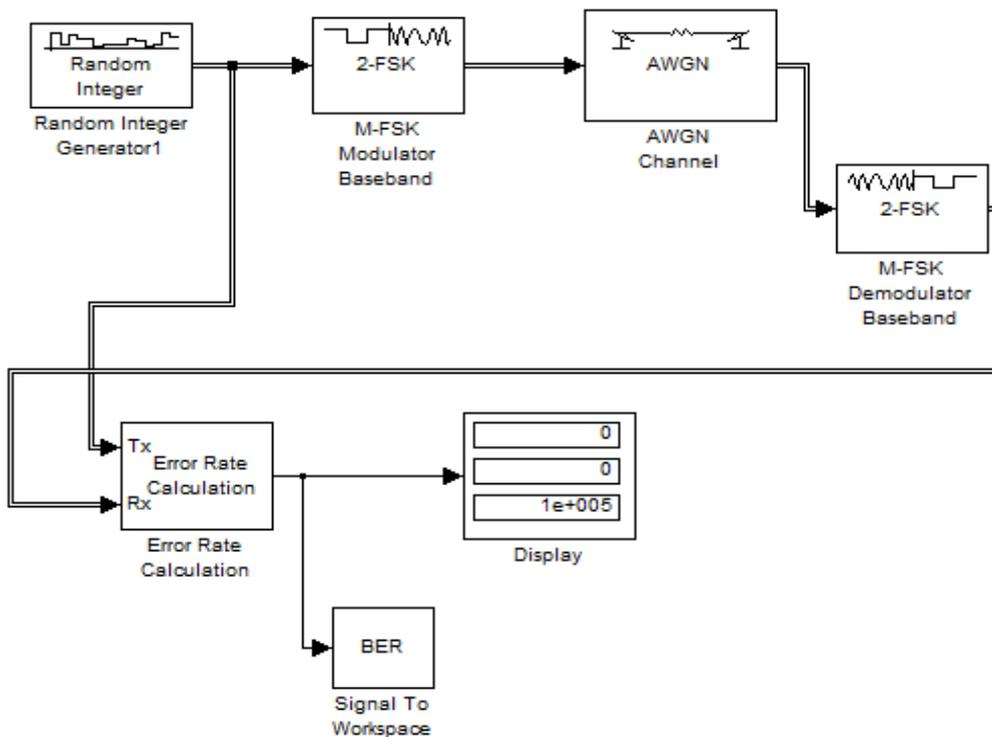


Рис. 2. Модель системы передачи информации для 2-FSK сигнала

С использованием средств BERTool (Bit Error Rate Analysis Tool) среды MatLab были построены кривые помехоустойчивости по результатам расчета вероятности ошибки блока Error Rate Calculation. На рис.3 представлены зависимости BER (Bit Error Rate, вероятность ошибки на бит, $P_{\text{ош}}$) от E_b/N_o (отношение энергии бита к спектральной плотности мощности шума), каждая точка графика является усреднением реализаций

сгенерированной случайной информационной последовательности длиной 100 бит (метод Монте-Карло), также представлены теоретические кривые помехоустойчивости, вычисленные по формуле 5.

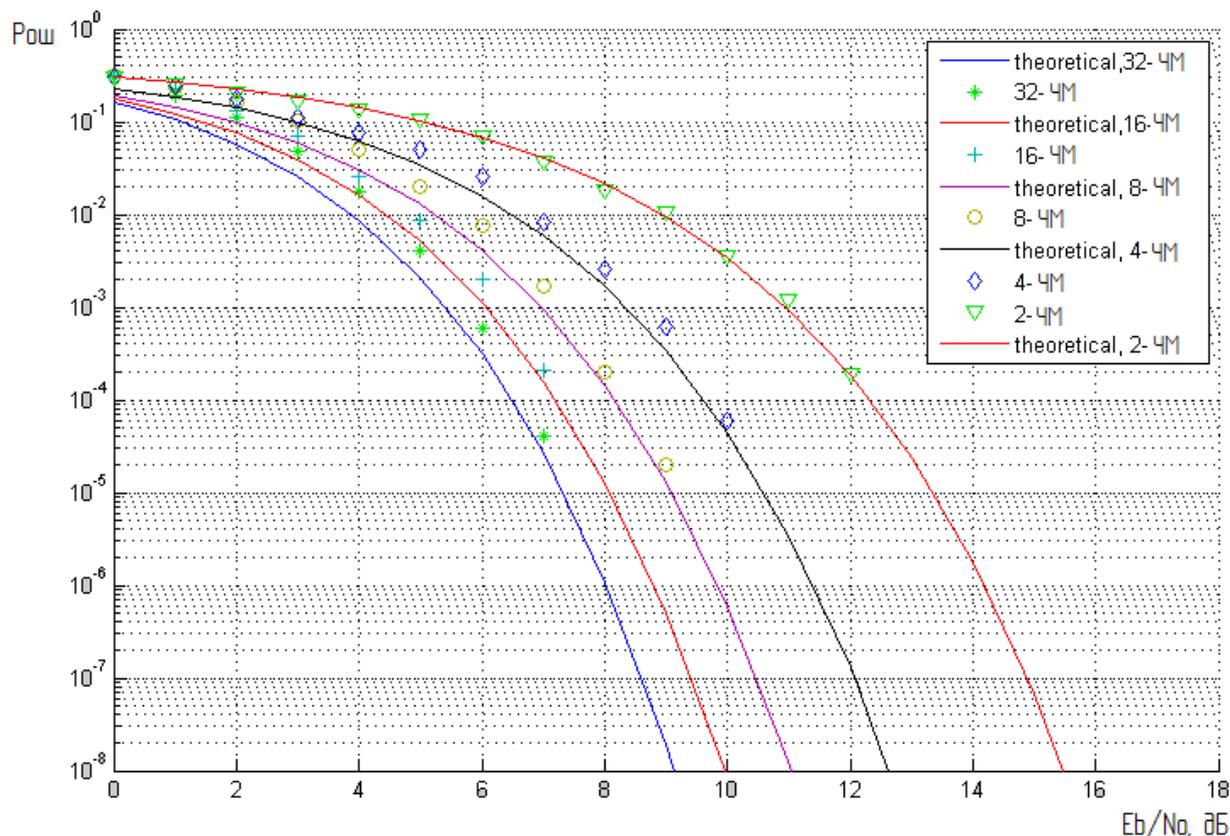


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибки от отношения E_b/N_0 при некогерентном приеме M ортогональных сигналов

Из анализа полученных кривых можно сделать вывод, что с увеличением M помехоустойчивость системы связи растет, так как при фиксированном отношении E_b/N_0 вероятность ошибки уменьшается. Поскольку M -ичные системы связи обеспечивают большую помехоустойчивость, то они дают возможность передавать информацию с заданной помехоустойчивостью ($P_{ош}=\text{const}$) и при меньшем отношении сигнал шум. Из рис.3 следует, что при $P_{ош}=\text{const}$ требуемое отношение тем меньше, чем больше M . Таким образом, при одинаковой скорости передачи информации системы ортогональных сигналов позволяют обеспечить существенный выигрыш в энергетике по сравнению с двоичными сигналами. Так при $M=32$ и $P_{ош}=10^{-5}$ он составляет почти два раза.

Список литературы

1. Васин В.А. Радиосистемы передачи информации. М.: Горячая линия - Телеком, 2005. 472 с.

2. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. М.: Техносфера, 2007. 487 с.
3. Маслов П.В. Сравнительный анализ методов цифровой модуляции // Молодежный научно-технический вестник. Электрон. журн. 2013. № 2. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/550912.html> (дата обращения 31.03.2015).