

Моделирование линейных модуляции и демодуляции для беспроводного канала связи с замираниями в математическом пакете MathCad

Проведено моделирование линейных модуляции и демодуляции путем вычисления их матриц для исследуемой модели беспроводного канала связи с использованием математического пакета MathCad.

Ключевые слова: модуляция, демодуляция, беспроводный канал, замирания, пространственная матрица, коэффициент разложения.

Современные беспроводные системы существенно отличаются от узкополосных и обладают рядом специфических свойств. Так, для беспроводных систем характерно значительное влияние межсимвольной интерференции на передаваемые сигналы, но в тоже время, не столь пагубное воздействие замираний сигнала вследствие частотной зависимости коэффициента передачи канала по сравнению с узкополосными системами позволяет рассчитывать на рост надежности связи.

Подобные свойства достаточно хорошо описываются моделью случайного линейного фильтрового канала связи с аддитивным шумом [1, 2, 3].

Синтез дискретного отображения подобного непрерывного канала связи (более детально – совместно модулятора и демодулятора) осуществляется в соответствии с критерием минимума среднеквадратической ошибки между сигналами на входе и на выходе образуемого дискретного канала при ограничении на энергию передаваемых сигналов [4, 5, 6]. С целью оценки технического эффекта от применения полученных линейных операторов модуляции и демодуляции проведено вычисление матриц модуляции и демодуляции для исследуемого случайного линейного фильтрового канала связи с аддитивным гауссовским шумом с использованием пакета MathCad. В качестве канала связи рассматривался канал с импульсной характеристикой идеального фильтра высоких частот в диапазоне от 1 ГГц до 1,1 ГГц и аддитивным белым гауссовским шумом. В качестве параметров замираний использовались коэффициенты разложения функции замираний $\alpha(t)$ по системе базисных функций $\psi(t)$:

$$\alpha_i = \int_t \alpha(t) \psi_i(t) dt, \quad i = \overline{1, \infty}.$$

При этом предполагается их статистическая независимость друг относительно друга и распределенность по одинаковому закону Накагами [2]:

$$\omega_\alpha(\alpha) = \frac{2}{\Gamma(\kappa/2)} \left(\frac{\kappa}{2\Omega} \right)^{\kappa/2} \alpha^{\kappa-1} e^{-\frac{\kappa\alpha^2}{2\Omega}}, \quad \alpha \geq 0, \quad (1)$$

где $\Omega = M(\alpha^2)$ – начальный момент второго порядка распределения Накагами; κ – параметр замираний [7].

В работе рассматривается вариант $\Omega = 1$ и три различных значения параметра замираний $\kappa = 1, 2$ и 10 . При $\kappa = 2$ коэффициенты замираний оказываются распределенными по закону Релея [2, 7]. Меньшая величина $\kappa = 1$ приводит к более протяженным хвостам

распределения, а также к высокой вероятности близких к нулю значений коэффициента замираний, то есть подобное распределение соответствует более нестабильному каналу (глубокие замирания). Увеличение параметра замираний до $\kappa = 10$ существенно укорачивает хвосты распределений, а кроме того, делает дрожания коэффициента замираний достаточно локализованными в области единичных значений. В результате данные статические свойства оказываются сопоставимыми с характером мелких замираний. Естественно, что дальнейший рост параметра замираний κ в пределе до бесконечности формирует дельта образное распределение, соответствующее детерминированной величине равной единице, а, следовательно, и случайный канал вырождается в канал связи с постоянными параметрами.

Библиографический список

1. Теория электрической связи : учеб. для вузов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В. И. Коржик, М. В. Назаров ; под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.
2. Прокис, Дж. Цифровая связь / Дж. Прокис ; пер. с англ. под ред. Д. Д. Кловского. – М. : Радио и связь, 2000. – 800 с.
3. Батенков, К. А. Математическое моделирование непрерывных многопараметрических каналов связи в операторной форме // Телекоммуникации. – 2013. – № 10. – С. 2–4.
4. Батенков, К. А. Необходимые условия оптимальности операторов модуляции и демодуляции // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов: сб. ст. / [сост. А.В. Калачев, В.В. Белозерских]. – Барнаул : Барнаул, 2013. – С. 58–62.
5. Батенков, К. А. Обобщенный пространственно-матричный вид энергетических ограничений систем связи // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 238–245.
6. Батенков, К. А. Дискретные отображения непрерывного канала связи на основе обобщенного ряда Фурье // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань : 2013. – № 1 (выпуск 43). – С. 12-20.
7. Kaiser, T. Ultra wideband systems with MIMO / Thomas Kaiser and Feng Zheng. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2010. – 254 p.