

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПОЛОСНОЙ КВАДРАТУРНОЙ УГЛОВОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

К. т. н. А. Б. Коханов, М. Ю. Левковская

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

skoh@mail.ru, levkovskaja@mail.ru

В докладе рассматривается QPM-сигнал, который позволяет передавать сигналы с высокой спектральной эффективностью, что невозможно для сигналов с фазовой или частотной модуляциями. Показано, что использование фазовых фильтров позволяет устранить влияние фазовой ошибки, которая суммируется с КАМ-сигналом после фазового или частотного детектора.

Ключевые слова: QPM, КАМ, фазовые фильтры, силовая сеть.

Передача и обработка сигналов в современных модемах, которые используются для передачи информации в силовых сетях (международный термин — Power Line Communications, PLC), выполняется в цифровой форме. PLC-сети имеют очень высокий уровень промышленных помех и шума. Поэтому передача сигналов в таких сетях оказывается сложной задачей с использованием специального протокола ZigBe и применением сложных решений для построения модемов из-за условий множественных переотражений от концов линий. Определить заранее все воздействия канала передачи информации на работу модема невозможно из-за множественности параметров воздействия.

Целью данной работы является разработка алгоритма модуляции/демодуляции сигналов для узкополосного канала связи измерительной PLC-сети (передача показаний телеметрии или электросчетчиков) с целью оценки влияния шумов канала на значение вероятности появления ошибки, так как теоретически рассчитать эту вероятность для QPM-сигналов проблематично.

Для компьютерного моделирования передачи сигнала в PLC-сети была выбрана скорость передачи информации, которая равна 32 Кбит/с. Полоса частот определялась для сигнала со скоростью передачи 32 Кбит/с, модуляцией КАМ 256 и ускорением 4/3 (учитывает сверточное кодирование). Сигнал с квадратурной угловой модуляцией (QPM) формировался согласно выражениям [1]

$$a(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \Theta_0) = A_0 \cos \varphi(t) \quad (1)$$

и
$$\varphi(t) = \omega_0 t + m \cdot (a_n \sin \Omega t + b_n \cos \Omega t + b_n) + \Theta_0, \quad (2)$$

где $\beta = m = \frac{\omega_d}{\Omega} = \Theta_{\max}$, что соответствует индексу угловой модуляции. В расчетах полагаем $\Theta_0 = 0$

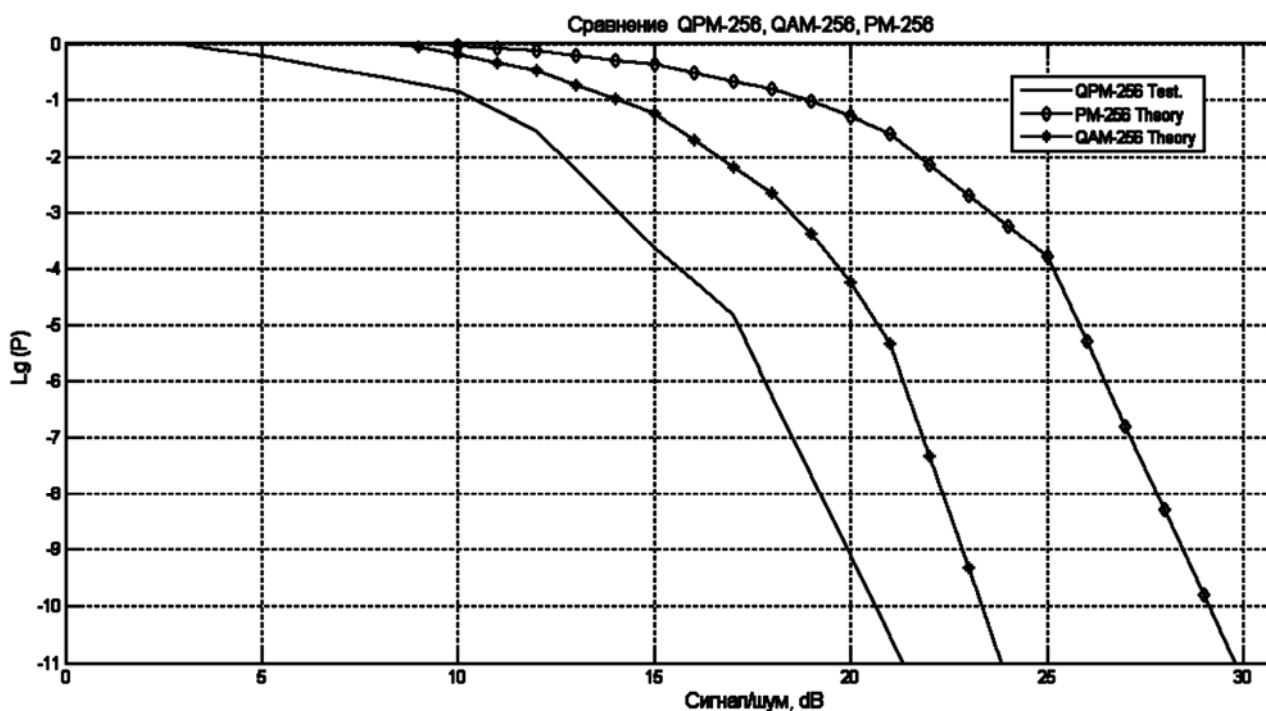
(как начальную фазу), $\beta = 1$, a_n и b_n — полубайты передаваемого значения (символы). Расчет логарифма вероятности появления ошибки определяется из соотношения [2, с. 27]

$$P_b = \lg \left(\frac{R}{N} \right), \quad (3)$$

где R — число ошибочно принятых битов, N — число переданных битов при фиксированном отношении «сигнал—шум». Для получения достоверного значения P_b сформировался сигнал случайной битовой последовательности длиной $N=10^7$ бит, из которого формировались символы как синфазного, так и квадратурного каналов. Для цифровой обработки использовался 32-разрядный микропроцессор с плавающей точкой, что позволяет перенести результаты на любую цифровую платформу.

На рисунке приведены графики зависимости логарифма вероятности появления ошибки от отношения «сигнал—шум» для сигналов с квадратурной фазовой модуляцией (QPM-256), квадратур-

ной модуляцией (QAM-256) и фазовой многоуровневой модуляцией (PM-256). Из этих графиков видно, что модуляция QPM-256 является наиболее помехоустойчивой и обеспечивает около 3 дБ энергетического выигрыша относительно модуляции QAM-256 и 8—9 дБ относительно модуляции PM-256. Для оценки ошибки для сигналов с QAM и PM использовались соотношения, которые приведены в [2].



Графики зависимости логарифма вероятности появления ошибки от отношения «сигнал—шум» для сигнала QPM-256 (экспериментальная) и сигналов QAM-256 (теоретическая), PM-256 (теоретическая)

Таким образом, экспериментально установлено, что сигналы с QPM-модуляцией более устойчивы к шуму канала по сравнению сигналами с QAM и PM.

Использование QPM-сигнала позволяет передавать информацию с высокой спектральной эффективностью так же, как и традиционный QAM-сигнал. При этом обеспечивается энергетический выигрыш от 3 до 8 дБ, что невозможно для сигналов с фазовой или частотной модуляциями. Использование метода усреднения отсчетов позволяет дополнительно повысить помехоустойчивость QPM-сигнала от 1,8 до 4 дБ. В результате проделанной работы можно рекомендовать сигналы с QPM-модуляцией для применения в цифровых измерительных PLC-сетях для передачи показаний электросчетчиков на базовый сервер или передачи показаний телеметрии.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Коханов А. Б. Модуляция сигналов с квадратурным изменением угловой компоненты // Компьютерні технології друкарства.— 2006.— № 15.— С. 126—131.— ISSN 966-322-071-
2. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С. Системы цифровой радиосвязи: учеб. пособие.— Москва: Эко-Трендз, 2005.— ISBN 5-88405-071-5.

О. В. Kokhanov, М. U. Levkovskay

Using single-sideband angle quadrature modulation to transmit data across the information networks

In this report we discuss the QPM signal which makes it possible to transmit informative content with much higher spectral efficiency relative to conventional transmission that involves phase or frequency modulated signals. It is shown that the phase filter helps to suppress the resulting phase error, which is mixed with QAM signal in the output of phase or frequency detector.

Keywords: *QPM, QAM, phase filters, power network, PLC.*