

УДК 621.391.27

ОДНОПОЛОСНАЯ КВАДРАТУРНАЯ МОДУЛЯЦИЯ**А. Б. КОХАНОВ***Одесский национальный политехнический университет,
Украина, Одесса, 65044, пр-т Шевченко 1*

Аннотация. Представлен новый вид модуляции — однополосная квадратурная модуляция сигналов (ОБП КАМ), которая позволяет уменьшить в два раза ширину спектра передаваемого сигнала по сравнению с традиционной квадратурной модуляцией (КАМ). При этом ОБП КАМ сохраняет спектральную эффективность, которая свойственна КАМ. Это позволяет передавать модулированный сигнал с шириной спектра, которая равна ширине спектра модулирующего сигнала и обеспечить энергетический выигрыш около 3 дБ.

Ключевые слова: модуляция; демодуляция; КАМ; ОБП КАМ; модулятор; демодулятор

ВВЕДЕНИЕ

В современных модемах широко применяется квадратурная модуляция (КАМ, по международной классификации — QAM, quadrature amplitude modulation) [1–3]. В модуляторе КАМ сигнала цифровая информация битового потока с временным интервалом T_b преобразуется в символьный поток $T = mT_b$ (m — целое число) и передается в виде двух информационных блоков (символы A_n и B_n) за время символьного интервала T на двух ортогональных несущих с частотой ω_0 [3].

Недостатком такого метода передачи является наличие двух боковых полос в спектре КАМ сигнала: верхней боковой полосы (ВБП) на частотах $\omega_0 + \omega$ и нижней боковой полосы (НБП) на частотах $\omega_0 - \omega$. Информация, переносимая символами A_n и B_n содержится как в ВБП, так и в НБП. Таким образом, имеется избыточность в спектре передаваемого сигнала.

Если при формировании КАМ сигнала использовать поднесущую частоту ω_0 как несущую частоту в передающей системе, то полу-

чим КАМ сигнал без несущей частоты. Несущая частота не информативна и ведет к дополнительным энергетическим затратам. Такой сигнал получил название САР модуляции (carrier less modulation/phase modulation). САР модуляция разработана и запатентована фирмой GlobeSpan Inc., которой принадлежит патент на данный вид модуляции. Недостаток такого алгоритма в отсутствии стандартизированных процедур демодуляции, которые не публикуются фирмой владельцем патента. Доступ к информации возможен через лицензирование. Вторым недостатком САР модуляции является использование ВБП и НБП одновременно.

Более эффективным решением является однополосная четырехуровневая фазовая модуляция [2, 4, 5], которая совпадает с модуляцией КАМ 4. Однако этот метод не распространяется на многоуровневую фазовую и многоуровневую КАМ, т.к. решение задачи осуществляется методами фазовой модуляции только для четырех уровней амплитуды сигнала.

DOI: [10.20535/S0021347017030013](https://doi.org/10.20535/S0021347017030013)
© А. Б. Коханов, 2017

2. *Zhensheng Jia*. Performance comparison of Dual-Carrier 400G with 8/16/32 — QAM Modulation formats / Zhensheng Jia., Hung-Chang, Junwen Zhang, Yi Cai, Jianjun Yu // IEEE Photonics Technology Lettres. Vol. 27, Issue: 13. — July. 2015. — P.1414-1417.

3. *Сергиенко, А. Б.* Цифровая обработка сигналов : уч. пособие / А. Б. Сергиенко. — 3-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.

4. Patent of Japan № PCT/JP2015/055001. Publication 25.08.2015. Genichiro Ohta, Takuro Sato. Waseda University.

5. *Bo Han*. MIMO over ESPAR with 16-QAM Modulation / Bo Han, Vlasios I. Barousis, C. V. Papadimas, Antonis Kalis, Ramjee Prasad // IEEE Wireless Communications Letters. Vol. 2, Issue: 6. 2013. — P. 687-690. .

6. *Лайонс, Р.* Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс : пер. с англ. — 2-е изд. перераб. — М. : Бинном-Пресс, 2011. — 656 с.

7. Патент України на винахід № 103565, (51) МПК (2013.01) H03C1/00. Квадратурний модулятор з одні боковою смугою / О. Б. Коханов. — № а2012 10626; заяв. 10.09.2012, опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.

8. Патент України на корисну модель № 22274, (51) МПК (2006) H03D99/00. Демодулятор сигналів з амплітудно-фазовою модуляції / О. Б. Коханов. — № u200609977; заяв. 18.09.2006, опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5.

9. *Ding Ni*. On Monotonicity of the optical transmission policy in cross-layer adaptive m-QAM modulation/ Ding Ni, Parastoo Sadeghi, Rodney A. Kennedy // IEEE Transactions on communication / Vol. 64, Issue: 8. — September 2016. — P. 3771-3785.

10. *Фомин, Н.Н.* Радиоприемные устройства: учебник для вузов / Н. Н. Фомин, Н. Н. Буга, О. В. Головин, [и др.] ; под ред. Н.Н. Фомина. — М. : Горячая линия, 2007. — 520 с. — ISBN 978-5-93517-373-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Прокис, Дж.* Цифровая связь / Дж. Прокис ; пер. с англ. под ред. Д. Д. Кловского. — М. : Радио и связь, 2000. — 800 с. — ISBN 5-256-01434-X.

Поступила в редакцию 19.05.2014
