

УДК 621.39 + 621.37

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ МНОГИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

И. В. ГОРБАТЫЙ

*Национальный университет «Львовская политехника»,  
Украина, Львов, 79013, ул. Професорська 2*

**Аннотация.** В работе рассмотрены устройства для формирования и обработки сигналов на основе известных вариаций цифровой амплитудно-фазовой модуляции. Их недостатки проявляются в процессе реализации модуляции и демодуляции сигналов, характеризующимися непрямоугольными сигнальными созвездиями. Изучены свойства устройств для формирования и обработки сигналов, основанных на новых вариантах модуляции сигналов — амплитудной модуляции многих составляющих АММС (Amplitude Modulation of Many Components). В результате проведенных исследований показано, что преимуществами предложенного модулятора АММС являются упрощение формирования сигналов с фазовой и амплитудно-фазовой модуляцией, в частности формирование сигналов АММС, и увеличение помехозащищенности модулятора от внутренних шумов. Преимуществами АММС-демодулятора являются упрощение обработки сигналов с фазовой и амплитудно-фазовой модуляцией, в частности обработки сигналов АММС, и повышенная помехозащищенность демодулятора от внутренних шумов и дрейфа нуля при практической реализации. Предложенные модулятор и демодулятор АММС могут применяться для формирования и обработки сигналов на основе известных и новых вариаций амплитудно-фазовой модуляции.

**Ключевые слова:** амплитудно-фазовая модуляция; амплитудная модуляция многих составляющих; модуляция сигнала; демодуляция сигнала

### ВВЕДЕНИЕ

Мы живем в информационном обществе, которое характеризуется возрастанием роли информации и знаний, увеличением числа людей, задействованных в производстве информационных продуктов и услуг, использованием сервисов информационных и телекоммуникационных технологий, созданием глобального информационного пространства, основанного на информационных и телекоммуникационных технологиях. Все это обеспечивает эффективное информационное взаимодействие людей, их доступ к информационным ресурсам, удовлетворяющим их потребности в информационных продуктах и услугах. Следова-

тельно, усовершенствование информационных и телекоммуникационных технологий является необходимым условием развития информационного общества. Объем мировых информационных ресурсов возрастает с каждым годом, поэтому необходимо усовершенствование технологий передачи данных для надежного доступа к ним.

Телекоммуникационные технологии передачи данных основаны на методах формирования и обработки электрических сигналов, которые включают методы модуляции/демодуляции сигналов, уплотнения/разделения каналов, линейного и корректирующего кодирования, передачи данных с автоматическим запро-

DOI: [10.20535/S0021347018100047](https://doi.org/10.20535/S0021347018100047)  
© И. В. Горбатый, 2018

channel conditions,” *IET Commun.*, Vol. 10, No. 2, P. 139-147, 2016. DOI: [10.1049/iet-com.2015.0693](https://doi.org/10.1049/iet-com.2015.0693).

3. Salmani, M.; Nekuii, M.; Davidson, T. N. “Semidefinite relaxation approaches to soft MIMO demodulation for higher order QAM signaling,” *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 65, No. 4, P. 960-972, 2017. DOI: [10.1109/TSP.2016.2628342](https://doi.org/10.1109/TSP.2016.2628342).

4. Elashkar, N. E.; Ibrahim, G. H.; Aboudina, M.; Fahmy, H. A. H.; Khalil, A. H. “All-passive memristor-based 8-QAM and BFSK demodulators using linear dopant drift model,” *Proc. of 5th Int. Conf. on Electronic Devices, Systems and Applications, ICEDSA*, 6-8 Dec. 2016, Ras Al Khaimah, United Arab Emirates. IEEE, 2016, P. 1-4. DOI: [10.1109/ICEDSA.2016.7818542](https://doi.org/10.1109/ICEDSA.2016.7818542).

5. Liu, T.; Djordjevic, I. B. “Signal constellation design for cross-phase modulation dominated channels,” *IEEE Photonics J.*, Vol. 7, No. 4, 2015. DOI: [10.1109/JPHOT.2015.2453880](https://doi.org/10.1109/JPHOT.2015.2453880).

6. Ferrari, G.; Amadei, U. “Two-level quantized soft-output demodulation of QAM signals with gray labeling: A geometric approach,” *IEEE Commun. Lett.*, Vol. 20, No. 10, P. 1931-1934, 2016. DOI: [10.1109/LCOMM.2016.2592963](https://doi.org/10.1109/LCOMM.2016.2592963).

7. Wang, C.; Lu, B.; Lin, C.; Chen, Q.; Miao, L.; Deng, X.; Zhang, J. “0.34-THz wireless link based on high-order modulation for future wireless local area network applications,” *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.*, Vol. 4, No. 1, P. 75-85, 2014. DOI: [10.1109/TTHZ.2013.2293119](https://doi.org/10.1109/TTHZ.2013.2293119).

8. SKLAR, B. *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2001.

9. Politanskyi, R.; Klymash, M.; Bobalo, Yu. “The data transferring systems with using of the chaotic signals non-coherent detection,” *Proc. of 12th Int. Conf. on Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science, TCSET 2014*, 1 Mar. 2014, Lviv-Slavske, Ukraine. Lviv, 2014, p. 433.

10. Gorbatyy, I. V. “Optimization of signal-code constructions using the maximum efficiency criterion,” *Radioelectron. Commun. Syst.*, Vol. 56, No. 12, P. 560-567, 2013. DOI: [10.3103/S0735272713120029](https://doi.org/10.3103/S0735272713120029).

11. Gorbatyy, I. V. “Investigation of the technical efficiency of state-of-the-art telecommunication systems and networks with limited bandwidth and signal power,” *Automatic Control Computer Sci.*, Vol. 48, No. 1, P. 47-55, 2014. DOI: [10.3103/S0146411614010039](https://doi.org/10.3103/S0146411614010039).

12. Horbatyi, I. V. UA Patent 91950, *Byull. Izobr.*, No. 17, 2010.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ayat, M.; Mirzakuchaki, S.; Beheshti-Shirazi, A. “Design and implementation of high throughput, robust, parallel M-QAM demodulator in digital communication receivers,” *IEEE Trans. Circuits Systems I: Regular Papers*, Vol. 63, No. 8, P. 1295-1304, 2016. DOI: [10.1109/TCSI.2016.2589078](https://doi.org/10.1109/TCSI.2016.2589078).

2. Gangadharappa, M.; Kapoor, R.; Dixit, H. “An efficient hierarchical 16-QAM dynamic constellation to obtain high PSNR reconstructed images under varying

Поступила в редакцию 07.12.2017

После переработки 23.08.2018