

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЧИСЕЛ У СИСТЕМАХ WI-FI ТА МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто застосування комплексних чисел у сучасних системах безпроводного зв'язку, зокрема у технологіях Wi-Fi та мобільного зв'язку. Показано, що комплексні числа використовуються для математичного опису сигналів, методів модуляції та цифрової обробки сигналів. Використання комплексних чисел дає змогу описувати такі характеристики сигналу, як амплітуда та фаза. Саме ці параметри є важливими для роботи сучасних телекомунікаційних систем.

Ключові слова: комплексні числа, цифровий зв'язок, Wi-Fi, мобільний зв'язок, модуляція сигналів, QAM.

Abstract

The paper analyzes the use of complex numbers in modern wireless communication systems, in particular in Wi-Fi and mobile communication technologies. It is shown that complex numbers are applied to describe signals mathematically, as well as for modulation methods and digital signal processing. With the help of complex numbers it is possible to represent both the amplitude and the phase of a signal, which are important characteristics in modern telecommunication systems.

Keywords: complex numbers, wireless communication, Wi-Fi, mobile communication, signal modulation, QAM.

Вступ

У сучасному світі безпроводний зв'язок відіграє важливу роль у передачі інформації. До найпоширеніших технологій належать Wi-Fi та мобільні мережі. Вони дають можливість пристроям швидко обмінюватися даними та забезпечують роботу інтернет-сервісів, мобільних додатків і різних цифрових технологій. Для аналізу процесів передачі сигналів у таких системах використовуються математичні методи. Одним із важливих інструментів є комплексні числа, які дозволяють зручно описувати електромагнітні коливання та процеси модуляції сигналів [1].

Метою роботи є дослідження застосування комплексних чисел у технологіях Wi-Fi та мобільного зв'язку.

Результати дослідження

У телекомунікаційних системах інформація передається за допомогою електромагнітних хвиль. Такі сигнали мають амплітуду та фазу, які змінюються залежно від переданої інформації [1]. Комплексне число має вигляд

$$z = a + bi \quad (1)$$

де

a – дійсна частина,

b – уявна частина,

i – уявна одиниця.

У системах зв'язку комплексні числа використовуються для одночасного опису амплітуди та фази сигналу, що значно спрощує математичні розрахунки [2]. В сучасних системах Wi-Fi та мобільного зв'язку широко використовуються цифрові методи модуляції сигналів. Одним із найпоширеніших методів є квадратурна амплітудна модуляція (QAM). Сигнал у цьому випадку подається у вигляді комплексного числа

$$s = I + jQ \quad (2)$$

де

I – синфазна складова сигналу,

Q – квадратурна складова сигналу.

Кожна комбінація значень I та Q відповідає певному символу даних. Графічне зображення цих значень називається сузір'ям сигналу.

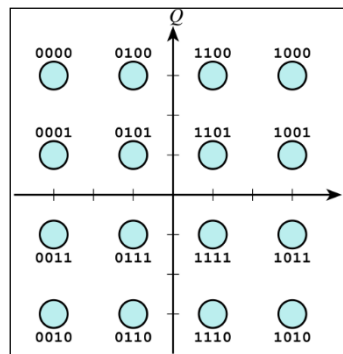


Рис. 1 – Сузір'я сигналу квадратурної амплітудної модуляції (16-QAM)

На (рис. 1) показано приклад сузір'я сигналу для 16-QAM. Таке представлення дозволяє передавати більше інформації за один символ сигналу, що підвищує швидкість передачі даних [2].

Комплексні числа у технології OFDM

У системах Wi-Fi та мобільного зв'язку (4G та 5G) широко використовується технологія OFDM — ортогональне частотне мультиплексування. Ця технологія дозволяє передавати інформацію одночасно на великій кількості піднесучих частот. Кожна піднесуча описується гармонічною функцією, яка зручно представляється за допомогою комплексних чисел [2].

Обробка сигналів у приймачі

Після прийому сигналу у смартфоні або Wi-Fi-маршрутизаторі відбувається його цифрова обробка. Під час цього процесу використовуються алгоритми: демодуляції сигналу; фільтрації шумів; оцінки параметрів каналу зв'язку. Оскільки сигнал представлений у комплексній формі, усі ці алгоритми працюють із комплексними числами. Це дозволяє точно визначати фазу та амплітуду сигналу навіть за наявності перешкод та втрат під час передачі даних [3].

Висновки

Комплексні числа є важливою складовою у сучасних системах безпроводного зв'язку. З їхньою допомогою можна зручно описувати електромагнітні сигнали, реалізовувати методи цифрової модуляції та виконувати обробку сигналів у приймально-передавальних пристроях. У технологіях Wi-Fi та мобільного зв'язку комплексні числа застосовуються у методах модуляції, зокрема QAM, а також у технології OFDM, яка використовується у мережах 4G і 5G.

Отже, використання комплексних чисел є однією з математичних основ сучасних телекомунікаційних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г. Г., Васильківський М. В., Кичак В. М. Методи та засоби цифрового оброблення радіосигналів для систем безпеки та моніторингу. Бортник, Г. Г. Методи та засоби цифрового оброблення радіосигналів для систем безпеки та моніторингу : монографія / Г. Г. Бортник, М. В. Васильківський, В. М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 126 с.)
2. Гнатюк С. О., Жежнич П. І. Основи телекомунікацій та комп'ютерних мереж : навчальний посібник. – Київ, 2022. – 248с.
3. Кравченко І. В. Цифрова обробка сигналів та зображень. Рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / І. В. Кравченко, М. С. Мамута ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,11 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 90 с. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63360>

Земелева Вікторія Сергіївна — студентка групи ПЗТ-246, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: viktoriazemeleva@gmail.com

Тютюнник Оксана Іванівна — доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tyutyunnik@vntu.edu.ua

Zemelieva Viktoriia S. — student of group PZT-24b, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viktoriazemeleva@gmail.com

Tiutiunnyk Oksana I. — Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tyutyunnik@vntu.edu.ua