

УДК 621.396.946

СХЕМИ МОДУЛЯЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ 5G

Петрачков М.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Коляденко Ю.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

каф. ІКІ ім В.В. Поповського,

м. Харків, Україна

тел. +38(097) 034-14-54

The choice of a specific type of modulation depends on such characteristics of the communication system as bandwidth, noise immunity, capacity. Various types of modulation based on subband filtering, pulse shaping, and precoding to reduce out-of-band interference have been proposed to enable communication networks to meet the requirements of 5G networks. This work is devoted to an overview of the main types of modulation for 5G systems.

Для передачі даних у системах зв'язку можуть бути використані дві основні категорії сигналів: сигнали з однією несійною і сигнали з багатьма несійними. У системах зв'язку попередніх поколінь 2G і 3G використовувалися сигнали з однією несійною, а в системах зв'язку 4G (Long Term Evolution, LTE-A) з багатьма. Такі ж сигнали були використовуються в системах зв'язку 5G. Для сигналів з однієї несійною характерно невеликі значення відношення пікової потужності до середньої потужності (Peak-to-Average Power Ratio, PAPR). Область застосування сигналів з однієї несійною - пристрої Інтернету речей (Internet of Things, IoT) з тривалим терміном служби акумуляторної батареї. Крім того, перевага даних сигналів в мінімізації втрат при передачі по радіоканалу стають помітними на високих несійних [1].

Сигнали з багатьма несійними дозволяють гнучко розподіляти ресурси в частотній області, а також забезпечити високу спектральну ефективність при їх сумісному використанні з технологією MIMO (Multiple Input Multiple Output). Окрім цього, такий вид сигналів легко сумісний з новою технологією неортогонального багаточисельного доступу (Non-Orthogonal Multiple Access, NOMA.). Саме за цими причинами в системах зв'язку 5G, в основному, використовуються сигнали з багатьма несійними.

Для модуляції сигналу на рівні піднесійних в системах зв'язку 5G як на лінії вгору, так і на лінії вниз можуть бути використані наступні схеми модуляції:

- квадратна фазова модуляція (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK);
- квадратна амплітудна модуляція (Quadrature Amplitude Modulation, QAM) різної кратності (16-QAM, 64-QAM, 256-QAM).

Крім того, для лінії вгору також можливе використання модуляції 1024-QAM з метою забезпечення більш високих швидкостей передачі

даних, а для лінії вниз в сценарії mMTC з метою підвищення ефективності передачі при низьких швидкостях може бути використана модуляція BPSK (Binary Phase Shift Keying) [1,2].

Як відомо, збільшення порядку модуляції вимагає підвищення відношення сигнал-шум (ВСШ) для досягнення прийнятних показників завадостійкості. У таблиці 1 наведені потрібні значення ВСШ для різних типів модуляції без завадостійкого кодування, при якому рівень коефіцієнта бітових помилок (Bit Error Rate, BER) складає порядку 10^{-3} .

Табл. 1. Необхідні значення відношення сигналів/шум для передачі з різними типами модуляції при $BER = 10^{-3}$

Модуляція	BPSK	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM
ВСШ	7	10	17,5	24	30

З табл. 1 можна побачити, що діапазон змін зміни ВСШ в залежності від типу модуляції становить близько 23 дБ, а спектральна ефективність при цьому змінюється в 8 разів через застосування різних типів модуляції.

Ймовірно, що при дальшому розвитку мережі зв'язку набір підтримуваних типів модуляції буде розширений, а також нові види модифікації для різних категорій будуть включені в специфікації 3GPP [3].

Вибір типу модуляції впливає, в першу чергу, на швидкість передачі даних в каналах з фіксованою смугою частот.

Параметри модуляції для кожного користувача слід налаштовувати незалежно і гнучко, щоб підтримувати користувачів з різними вимогами до швидкості передачі даних.

Для зменшення позасмугового випромінювання можуть бути використані типи модуляції, які засновано на піддіапазонній фільтрації. Два основні з них це: багаточастотна передача з універсальною фільтрацією UFMC (Universal Filtered Multi-Carrier) і так звана модифікація OFDM з фільтрацією (f-OFDM).

Список використаних джерел:

1. Mosa Ali Abu-Rgheff. 5G Physical Layer Technologies/ Mosa Ali Abu-Rgheff / Wiley-IEEE Press. – 2019. - 592 p.
2. Mladen Bozanic. Mobile Communication Net-works: 5G and a Vision of 6G/ Mladen Bozanic, Saurabh Sinha / Springer. – 2021. - 348 p.
3. Harri Holma. 5G Technology: 3GPP New Radio/ Harri Holma, Antti Toskal, Takehiro Nakamura / Wiley.- 2020. - 536 p.