

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШИРОКОСМУГОВИХ ТА ВУЗЬКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Уривський Л.О., Шмігель Б.О.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: leonid_uic@ukr.net, bshmigel@gmail.com

COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF BROADBAND AND NARROWBAND SIGNALS IN LOW ENERGY CONDITIONS

In this paper considered a comparative analysis of effectiveness of the communication channel resource of broadband and narrowband signals.

Різні системи зв'язку для передачі дискретних і безперервних повідомлень, незважаючи на їх відмінність як за призначенням, так і за способами реалізації, характеризуються певними кількісними показниками. Основними з них є швидкість і достовірність передачі інформації.

Ефективність використання ресурсів каналу описує показник інформаційної ефективності, який являє собою відношення продуктивності до пропускної здатності каналу зв'язку [1].

Являє інтерес порівняння між собою різні системи зв'язку по мірі ефективності використання ними основних ресурсів каналу — потужності сигналу і займаної смуги частот — і досягнутої при цьому пропускної здатності і продуктивності [2].

На рисунку 1 відображені залежності ефективності використання ресурсів багатопозиційної модуляції і СКК для різних вимог до P_b .

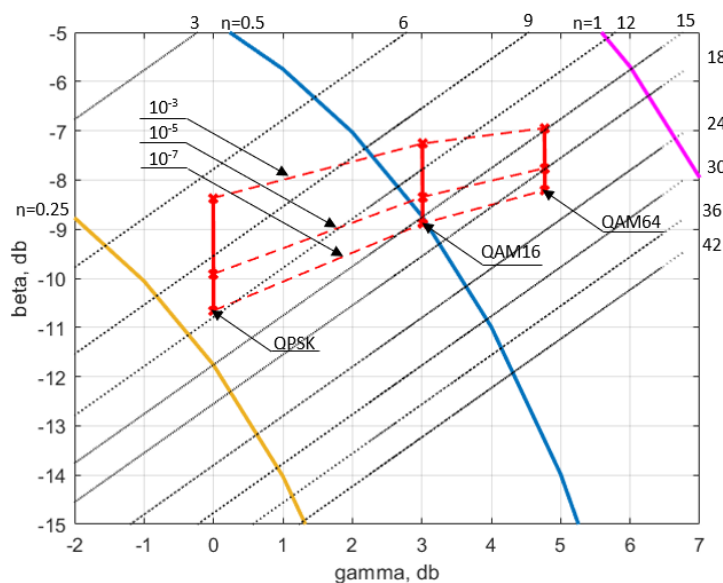


Рис. 1. Показники ефективності використання ресурсів каналів з багатопозиційними сигналами.

Для широкосмугового сигналу для забезпечення достовірності 10^{-6} на виході декодера при $V=100$ необхідно забезпечити $h_2 = 19.8$ дБ, при $V=1000$ – $h_2 = 22.4$ дБ, а при $V=10000$ – $h_2 = 27$ дБ. Це пояснюється тим, що потужність завад в смузі частот F при використанні ШСС накопичується в цій смузі в V раз більше шумів в порівнянні зі смугою ВСС.

Використання ШСС змінює підхід до динаміки взаємозалежності частотної та енергетичної ефективності: з зростанням V погіршується інформаційна ефективність η та енергетична ефективність β , а частотна ефективність γ СП залишається незмінною.

Найбільша зміна узагальненої ефективності η має місце при переході від BPSK до ШСС при значенні бази $V=100$ (від значення $\eta = 0,3$ до $\eta = 0,2$).

Яскраво виражена тенденція витрати енергетичного ресурсу для забезпечення більш високої достовірності. В одиницях показника енергетичної ефективності діапазон $-8...-12$ дБ для BPSK при динаміці досяжної достовірності $10^{-3}...10^{-7}$, для $V=100$: $-16,5...-19,5$ дБ, $V=10000$: $-21,5...-23$ дБ.

Разом з тим, новим є наочне відображення тенденції погіршення узагальнених показників інформаційної ефективності при покращенні достовірності сигналів BPSK та ШСС. Можна бачити, що при покращенні достовірності, інформаційний показник η суттєво зменшується на фоні значного погіршення енергетичної ефективності β при практичній стабільності показника частотної ефективності γ .

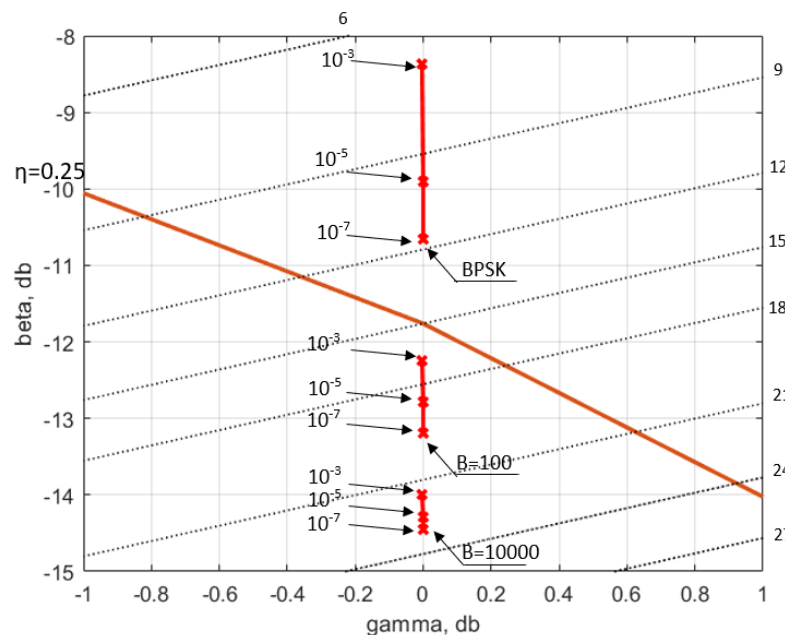


Рис. 2. Показники ефективності використання ресурсів каналів з ШСС та ВСС ФМ з еквівалентною потужністю.

Збільшення позиційності M сигналів QAM-M змінює підхід до динаміки взаємозалежності частотної та енергетичної ефективності: з зростанням M покращується інформаційна ефективність η , частотна ефективність γ СП, а також енергетична ефективність β .

Найбільша зміна узагальненої ефективності η має місце при переході від QPSK до QAM-16 (від значення $\eta = 0,3$ до значень $\eta = 0,5...0,6$).

Яскраво виражена тенденція витрати енергетичного ресурсу для забезпечення більш високої достовірності. В одиницях показника енергетичної ефективності діапазон -8...-11 дБ для QPSK при динаміці досяжної достовірності 10-3...10-7, для QAM-16 – це -7...-8,5 дБ.

Завдяки додатковій шкалі абсолютних енергетичних ресурсів ($h^2 = Q$) можна оцінити діапазон достовірності для QPSK пов'язаний з енергетичним ресурсом каналу зв'язку $h^2 = 7...15$ дБ, а для QAM-16 – це $h^2 = 15...20$ дБ.

Отже, велика сукупна ефективність сигналів з великим значенням M вимагає більшої потужності сигналу в точці прийому [3].

Застосування нової модифікованої шкали ефективності дозволяє провести комплексну оцінку системи за показниками частотної, енергетичної та узагальненої (інформаційної) ефективності, а також за показником задіяного енергетичного ресурсу h^2 .

При цьому модифікована шкала ефективності дозволяє комплексно оцінити частотну та енергетичну ефективність використання багатопозиційної маніпуляції та завадостійкого кодування. Такий спосіб оцінки розширює спектр пошуку оптимальних за відносним критерієм енергетичної і частотної ефективності систем передачі, а також абсолютним енергетичним показником h^2 , оскільки забезпечує великі можливості варіювання параметрами для досягнення максимальної продуктивності при мінімальних витратах ресурсів каналу зв'язку.

Висновки: Методика дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів каналів зв'язку з багатопозиційною маніпуляцією та завадостійким кодуванням, а також кількісно оцінити витрати на реалізацію заходів щодо підвищення достовірності або продуктивності у вимірі запропонованих показників. Такий спосіб оцінки розширює сферу пошуку оптимальних систем передачі, оскільки враховує можливості варіювання параметрами сигналів в каналах зв'язку в широкому діапазоні значень.

Широкосмугові сигнали, не забезпечують кращої достовірності та програють в інформаційній ефективності η та а енергетичній ефективності β , при незмінній частотній ефективності γ . Якщо ШСС має обмеження в ресурсі (обмежена енергія сигналу), то вони ведуть до втрати завадостійкості або розтрати ресурсу, щоб відновити вихідну достовірність. Засобом, що дозволяє підвищити достовірність прийому є завадостійке кодування, однак декодер не може розрізняти спосіб обробки сигналу до його входу, тому при рівній енергетиці і однаковій швидкості символів джерела, ВСС мають перевагу і на цьому етапі обробки сигналів.

Література

1. Уривський Л.О., Шмігель Б.О. Оцінка ефективності використання ресурсів безпроводових каналів зв'язку / Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 33 (72) № 5 2022. – С. 27-32. – Режим доступу: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/5_2022/4.pdf.
2. Основи теорії телекомунікацій / О. В. Корнейко, О. В. Кувшинов, О. П. Лежнюк та ін.; за ред. М. Ю. Ільченка. Київ: ІССЗІ НТУУ «КПІ», 2010. 786 с.
3. Уривський Л.О., Мошинська А.В., Прокопенко К.А. Модифікована методика оцінки ефективності систем передачі інформації. Наукові вісті НТУУ «КПІ». – Київ: 2010. № 6.

C. 24-29.