

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СКК В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Уривський Л.О., Шмігель Б.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: leonid_uic@ukr.net, bshmigel@gmail.com

NOISE IMMUNITY EVALUATION FOR SIGNAL CONSTELLATION IN LOW ENERGY CONDITIONS

In this paper considered a comparative analysis of the noise immunity of signal constellation. The properties signals in low energy conditions are analyzed.

За останні десятиліття цифрові комунікації вступили в фазу бурхливого розвитку, яка активно продовжується і в теперішній час. На сьогоднішній день безпроводові широкосмугові мережі набули швидкого розповсюдження. Використання сигнально-кодових конструкцій (СКК) дозволяє найбільш ефективно використовувати ресурси каналу, адже одночасно можливо отримати вииграш як з енергетичної, так частотної ефективності або, у всякому разі, отримати вииграш по одному показнику, не погіршуючи інший.

Тим самим, використовуючи оптимальні комбінації СКК, досягається найкраща інформаційна ефективність – відношення пропускну здатності до продуктивності при обмежених ресурсах каналу зв'язку, і одночасно задовольняються вимоги до необхідного рівня достовірності інформації.

Правильний підбір комбінації СКК дозволить мінімізувати втрати в заданій зоні покриття, оптимізувати значення потужностей передавачів, пропускну здатність і стійкість системи.

В технічній літературі приводяться різні співвідношення для розрахунку ймовірності помилки маніпульованого символу багатопозиційним сигналом ($P_{\text{сим}}$) і помилки інформаційного символу, тобто біту ($P_{\text{біт}}$) [1 - 4]. До тих результатів, які викликають найбільшу довіру, слід віднести результати векторно-фазового методу [2], та результати за Дж. Прокісом [1].

Завдання полягає в тім, щоб отримати більш точні аналітичні співвідношення для визначення ймовірностей помилок для більш широкого набору маніпуляцій.

В доповіді проведено аналіз згідно набору маніпуляцій: BPSK, QPSK, QAM-16 (Quadrature Amplitude Modulation), QAM-64 – які аналітично розраховані та графічно побудовані за допомогою формул Дж. Прокіса [1].

Графіки дослідження символної помилки та відношення сигнал/шум для кожної модуляції розраховані та побудовані в програмі Matlab мають наступний вигляд (рис.1):

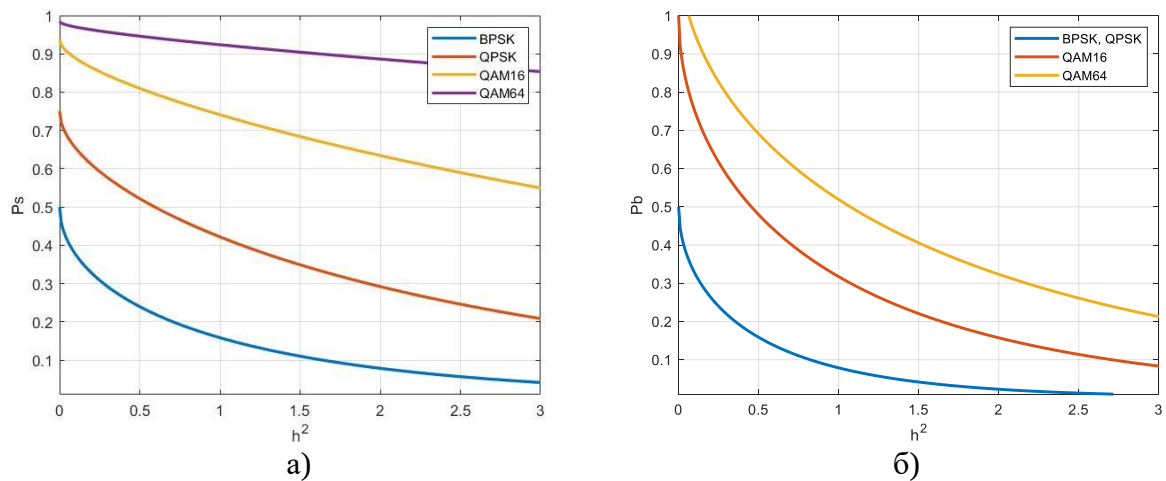


Рис. 1. Графік залежності ймовірності помилок (а – помилка передачі символу, б – бітова помилка) від h^2 для BPSK, QPSK, QAM-16, QAM-64.

З рисунку 1 (зокрема, з рис.1б) видно, що в умовах низької енергетики ($h^2 < 3$) формули Прокіса не є точними ($P_b > 0,5$). Це пояснюється тим, що аналітичні формули враховують лише попадання результуючого вектору сигналу сусідню область, однак не враховує попадання вектору в більш віддалені області.

Для отримання точних результатів пропонується використовувати векторно-фазовий метод, в основі якого лежить визначення ймовірності попадання результуючого (сумарного) вектору сигналу й перешкоди в деяку просторово-фазову область, в якій перешкода призводить до неправильного приймання символів багатократної маніпуляції [2]. Нехай в канал зв'язку передається сигнал S (рис.2). Під впливом перешкоди W сигнал S утворює результуючий сигнал r , який приходить на приймач. Якщо результуючий сигнал потрапляє в область реєстрації сигналу, що передається, то сигнал приймається вірно, якщо ж результуючий сигнал знаходиться поза області достовірної реєстрації сигналу, що передається, то він приймається невірно.

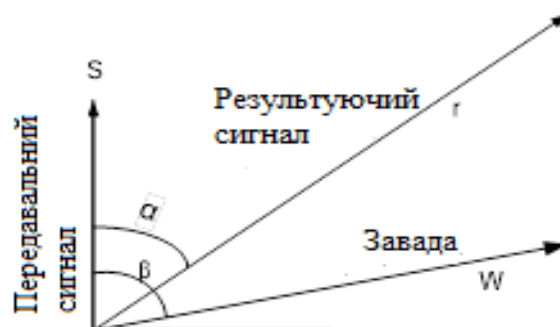


Рис. 2. Векторне представлення впливу перешкоди на результуючий сигнал.

Варто зауважити, що символна помилка використовується як проміжний етап при розрахунку бітової помилки. Важливим показником стану каналу

зв'язку є бітова помилка, однак розрахунки бітової помилки для низької енергетики не є точними. Для невеликих значень відношення сигнал/шум значення бітової помилки розходяться, але при збільшенні h^2 це розходження становиться менш помітним. Векторно-фазовий метод дає змогу отримати точні розрахунки при будь-якій енергетиці, на відміну від формул Прокіса, що можуть використовуватись тільки для високої енергетики каналу.

Особливість формул за векторно-фазовим методом полягає у їх достовірності, адже вони більш точно вираховують ймовірності помилок та не піддаються такої ж універсалізації як інші формули розрахунку ймовірності символічних і бітових помилок.

Висновки. Ефективність використання ресурсів каналу описує показник інформаційної ефективності, який являє собою відношення продуктивності до пропускної здатності каналу зв'язку. Для досягнення високого показника інформаційної ефективності необхідно оперувати оптимальним вибором сигнально-кодівих конструкцій.

Розраховано та порівняно значення ймовірностей символічної та бітової помилок в умовах низької енергетики за векторно-фазовим методом та допомогою формул Дж. Прокіса.

Важливим показником стану каналу зв'язку є бітова помилка, однак розрахунки бітової помилки для низької енергетики не є точними. Для невеликих значень відношення сигнал/шум значення бітової помилки розходяться з результатами розрахунків за універсальними формулами [1], але при збільшенні відношення сигнал/шум це розходження становиться менш помітним. Векторно-фазовий метод дозволяє отримати точні розрахунки при будь-якій енергетиці, на відміну від формул Прокіса, що можуть використовуватись тільки для високої енергетики.

Особливість формул за векторно-фазовим методом полягає у їх достовірності, адже вони більш точно вираховують ймовірності помилок, але не піддаються такої ж універсалізації, як інші формули розрахунку ймовірності символічних і бітових помилок.

Література

1. Прокіс, Дж. Цифровая связь / Пер. с англ.; Под ред. Д.Д. Кловского - М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Урывский Л. А., Прокопенко Е. А., Наталенко А. И. Векторно-фазовый метод для определения показателей помехоустойчивости многопозиционных сигналов. – Зв'язок, № 12, 2012. – с. 58-63.
3. Sklar B, Digital communications: Fundamentals and Applications. — 2nd Edition – University of California, Los Angeles, 2001. – 1004 p.
4. Феер К. Беспроводная цифровая связь: методы модуляции. / Пер. с англ. под ред. В. И. Журавлёва. — М.: Радио и связь, 2000. — 520 с.