

ПОРІВНЯННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ШИРОКОСМУГОВИХ ТА ВУЗЬКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ 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 comparison of narrowband and broadband signals in low energy conditions

In this paper considered a comparative analysis of the noise immunity of wideband and narrowband signals. The properties of broadband signals in low energy conditions are analyzed.

Стрімкий розвиток телекомунікаційних систем породжує необхідність забезпечення стійкого зв'язку в умовах низької енергетики ліній зв'язку, завад та багатопробного розповсюдження.

У вітчизняних та зарубіжних публікаціях достатньо досліджено окремо умови використання широкосмугових сигналів (ШСС) [1-3] але немає досліджень властивостей цих сигналів в умовах низької енергетики. До того ж, тематика досягнення необхідної достовірності в низькоенергетичних каналах не достатньо досліджена. Тому тема доповіді є актуальною.

Відомо, що ШСС можуть забезпечити високу достовірність прийому з невеликими коливаннями ймовірності помилок, в той час як при вузькосмугових сигналах (ВСС) іноді (при відсутності завад на даній частоті) достовірність зв'язку буде дуже високою, а іноді дуже низькою. Це обумовлено тим, що в смузі частот ВСС спектральна щільність перешкод може сильно флюктувати, а в смузі частот ШСС вона змінюється мало. З розширенням смуги відбувається усереднення діючих в цій смузі завад.

Метою доповіді є визначення властивостей ШСС на основі моделей оцінки якості каналів зв'язку, а також порівняння характеристик завадостійкості з ВСС за умов еквівалентної енергії сигналу.

Широкасмуговими сигналами (ШСС) називають такі сигнали, у яких добуток ширини їх спектра $\Delta F_{ШСС}$ на тривалість елемента сигналу $\tau_{ШСС}$ багато більше одиниці, тобто база сигналу B :

$$B = \Delta F_{ШСС} * \tau_{ШСС} \gg 1. \quad (1)$$

Частіше значення B досягає 1000 і більше. Головним чинником, заради якого може бути істотно збільшено базу сигналу B є підвищена прихованість системи із широкосмуговому сигналами.

За умов зберігання швидкості передавання символів інформації V_s та об'єму сигналу W_C , як незмінне значення добутку потужності сигналу P_C , тривалості інформаційного символу τ_s та смуги ΔF_C :

$$W_C = P_C * \tau_s * \Delta F_C, \quad (2)$$

параметри ШСС слід розглядати, як перерозподіл відповідних параметрів ВСС за рахунок скорочення елемента ШСС в n разів:

$$\tau_{\text{ШСС}} = \tau_s / n. \quad (3)$$

Відповідно, $\Delta F_{\text{ШСС}} \approx 1/\tau_{\text{ШСС}} = n * \Delta F_c$.

Отже, при цьому об'єм сигналу ШСС: $W_{\text{ШСС}} = P_c * \tau_{\text{ШСС}} * \Delta F_{\text{ШСС}} = W_c$, – є тотожним об'єму сигналу ВСС (2).

Результуюча енергія ШСС:

$$P_c * \tau_{\text{ШСС}} * n = P_c * \tau_s = E_c, \quad (4)$$

співпадає з енергією первинного ВСС, що визначає незмінність параметру h^2 при порівнянні завадостійкості ШСС та ВСС.

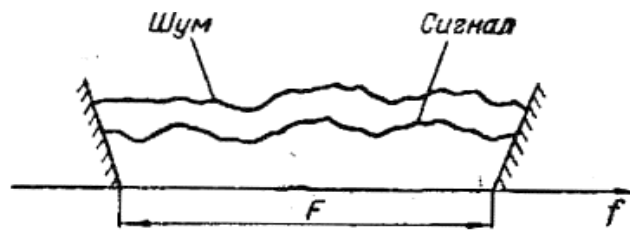


Рис. 1. Прийом ШСС при потужності сигналу, меншої від потужності флукуаційних перешкод у використовуваній смузі частот.

Розглянемо показники завадостійкості системи ШСС з активною паузою і протилежними сигналами, як одну із найбільш завадостійких [1].

Тоді вираз для залежності ймовірності помилки інформаційного біта p_b від відношення потужності сигнал/шум (параметра h^2) у автокореляційній системі з активною паузою і протилежними сигналами має вигляд [1]:

$$P_b(h^2) = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{h^2}{\sqrt{\frac{5h^4}{2FT} + 4h^2 + 2FT}} \right) \right]. \quad (4)$$

Для порівняння показників ШСС з показниками достовірності ВСС при побудові графіків для сигналу з фазовою маніпуляцією, скористаємося співвідношенням [4]:

$$P_{b\text{ PSK}}(h^2) = \frac{1}{2} [1 - \Phi(\sqrt{2h^2})]. \quad (5)$$

Відповідно до формул, побудуємо графіки залежності ймовірності бітової помилки p_b від енергетичного потенціалу в радіолінії h^2 .

Порівнюючи завадостійкість ШСС та ВСС, бачимо, що при однакових значеннях h^2 ВСС мають кращу завадостійкість в порівнянні з широкосмуговими. Наприклад, для забезпечення достовірності 10^{-6} для ФМ достатньо значення $h^2=10.5$ дБ.

Одночасно, із графіків (рис.2) видно, що при зростанні бази В, необхідно збільшувати h^2 для досягнення еквівалентної достовірності сигналу.

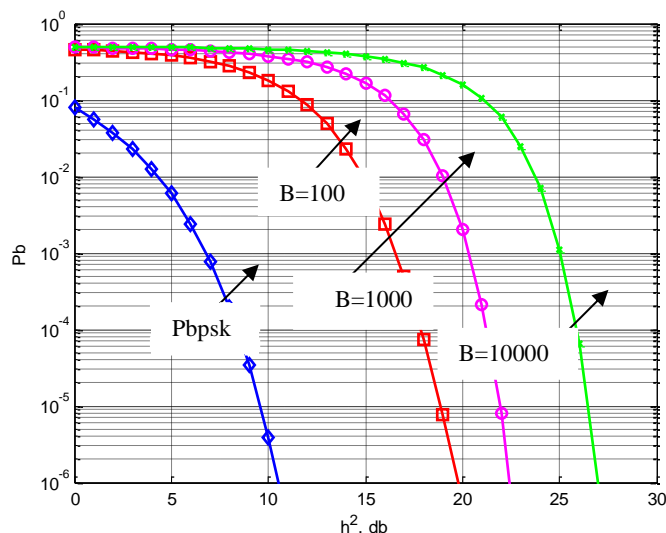


Рис. 2. Порівняння завадостійкості ШСС з активною паузою і протилежними сигналами та ВСС ФМ з еквівалентною потужністю.

Для широкопasmового 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. Поряд з цим, ця закономірність витікає також із виразу (5).

Це визначає доцільність використання широкопasmових систем в тих випадках, коли швидкість передачі інформації не має вирішального значення, а прихованість системи або вірність прийому сигналів в умовах каналу з сильно змінними параметрами грає особливо важливу роль.

Висновки. Широкопasmові сигнали, попри деяких існуючих суджень, не забезпечують кращої достовірності і є виправданими в тих випадках, коли необхідно забезпечувати зв'язок в умовах впливу штучних перешкод з боку супротивника. Якщо ШСС має обмеження в ресурсі (обмежена енергія сигналу), то вони ведуть до втрати завадостійкості або розтрати ресурсу, коли є намагання 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. Семенов А.М., Сикарев А.А. Широкополосная радиосвязь. – М.: Воениздат, 1970. – 280 с.
2. Варакин Л. Системы связи с шумоподобными сигналами.– М.: Радио и связь, 1985.–384 с.
3. Мазурков М. Системы широкополосной радиосвязи.–Одесса:Наука и техника,2009.–344 с.
4. Основы теории телекоммуникаций / Підручник / Під заг. ред. Ільченка М.Ю. — К.: ІССЗІ НТУУ «КПІ», 2010. — 786 с.