

**ФОРМУВАННЯ ТА ОБРОБКА ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ
НА ОСНОВІ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ЗІ ЗМІННОЮ
ЕНТРОПІЄЮ РОЗПОДІЛУ ІМОВІРНОСТЕЙ СТАНІВ**

© **М.І.КОЗЛЕНКО, С.І.МЕЛЬНИЧУК**

*Івано-Франківський інститут менеджменту та економіки
“Галицька академія”*

Запропоновано новий спосіб формування та обробки широкосмугових сигналів, в основу формування яких покладено випадкові процеси зі змінною ентропією розподілу ймовірностей станів.

Author proposed a new method of generating and analysis spread spectrum signals. This signals based on are variable entropy of data exchange channel.

Суттєвим фактором, що впливає на ефективність та стабільність функціонування розподілених систем контролю та керування є надійність каналів обміну даними. В процесі реалізації таких каналів необхідно забезпечити належний рівень завадостійкості та енергетичної ефективності. Одним з перспективних шляхів вирішення задач такого класу є використання широкосмугових сигналів в якості носіїв інформаційних повідомлень. Такий підхід дозволяє забезпечити ефективний обмін даними при низькому співвідношенні сигнал/перешкода, високу завадостійкість до вузько- та широкосмугових перешкод, інваріантність до явища власної інтерференції, а також електромагнітну сумісність з існуючими система обміну даними [1].

В сучасних інформаційних каналах використовуються різні типи широкосмугових сигналів: багаточастотні сигнали [1], сигнали, в основу розширення спектру яких покладено псевдовипадкові послідовності [1,2], сигнали, які формуються та обробляються за допомогою явищ динамічного хаосу, сигнали не синусоїдної форми тощо, а також часто використовуються поєднання декількох типів сигналів одночасно.

В більшості випадків, системи обміну даними, що використовують згадані типи широкосмугових сигналів, використовують способи формування та оптимального приймання, що ґрунтуються на відповідності форми сигналу носія до сигналу інформаційного повідомлення. Фактично, такий підхід передбачає використання детермінованих форм сигналів, а також необхідність збереження цих сигналів (їх форм) на приймальній стороні, в кореляторі чи узгодженому фільтрі [1,2].

Одним з перспективних шляхів реалізації широкосмугових систем обміну даними є використання, в якості характеристики носія, що відображає інформаційне повідомлення, не його форми, а певної інтегральної або імовірнісної характеристики на протязі кінцевого проміжку часу (символьного інтервалу).

Такий підхід дозволяє відмовитись від використання складних псевдовипадкових (фактично детермінованих форм) сигналів і, як наслідок, відмовитись від зберігання значних інформаційних об'ємів (описів сигналів) на стороні приймання. Використання не детермінованих, чисто стохастичних процесів, при формуванні широкосмугових сигналів має наслідком спрощення реалізації, завдяки тому, що їх приймання та подальша обробка може реалізовуватись на основі статистичних оцінок інтегральних або імовірнісних характеристик. Існує принципова можливість, в якості такої імовірнісної характеристики, використовувати ентропію розподілу ймовірностей станів широкосмугового сигналу, що визначається по кінцевому проміжку часу.

Проведені експериментальні дослідження для різних інформаційних каналів виявили, що значення ентропії розподілу ймовірностей станів процесів незадіяного інформаційного каналу, в більшості випадків, прямує до постійної величини. Фактично таке значення ентропії залежить від імовірнісних характеристик шумів (випадкових процесів) фізичного середовища каналу, а також від імовірнісних характеристик шумів, що створюються каналним обладнанням [3].

Суть запропонованого методу полягає в тому, що для формування широкосмугових сигналів задіяно процеси, ентропію розподілу ймовірностей станів яких поставлено у відповідність до елементів інформаційного повідомлення, яке передається [4]. Сформований таким чином сигнал приводить до зміни сумарної ентропії в інформаційному каналі. Виділення корисної інформації із широкосмугового сигналу на стороні приймання здійснюється на основі статистичного аналізу зміни його ентропії. Структурну схему системи обміну даними на основі запропонованого методу подано на рис.1.

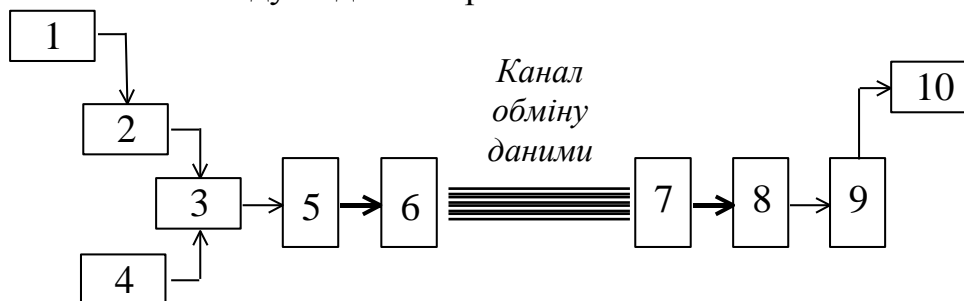


Рис.1. Структурна схема системи обміну дискретними повідомленнями на основі широкосмугових сигналів зі змінною ентропією розподілу ймовірностей станів.

Для передавання інформації від джерела 1 (рис.1), використовується каналний кодер 2, який здійснює завадостійке кодування, вид ділянки сигналу подано на рис.2А, після чого сигнал подається на модулятор ентропії 3, крім того на цей же пристрій поступає широкопasmовий формуючий сигнал від джерела широкопasmового процесу 4. Розширення спектру відбувається шляхом накладання сигналу з каналного кодера 2 на широкопasmовий процес з пристрою 4, рис.2В, так що ентропія розподілу ймовірностей станів широкопasmового процесу протягом заданих кінцевих проміжків часу (символьних інтервалів) ставиться у відповідність до символічних елементів сигналу, вид сигналу подано на рис.2С.

Сформований таким чином сигнал може використовуватись як носій в провідникових каналах обміну даними. В разі необхідності його застосування в інших типах каналів (радіо, оптичних, акустичних тощо) необхідно застосовувати подальшу модуляцію, для забезпечення переносу усього спектру сигналу в задану область. Модуляція сигналу здійснюється в модуляторі 5 на основі будь-якого з відомих методів, як синусоїдних модульованих сигналів так і імпульсних типів модуляції. Перспективним є використання імпульсних типів модуляції, оскільки це приводить до подальшого розширення спектру. Сформований сигнал, після проходження через пристрій узгодження 6 (кінцевий формувач з підсиленням потужності, узгоджений із каналом), подається у канал обміну даними.

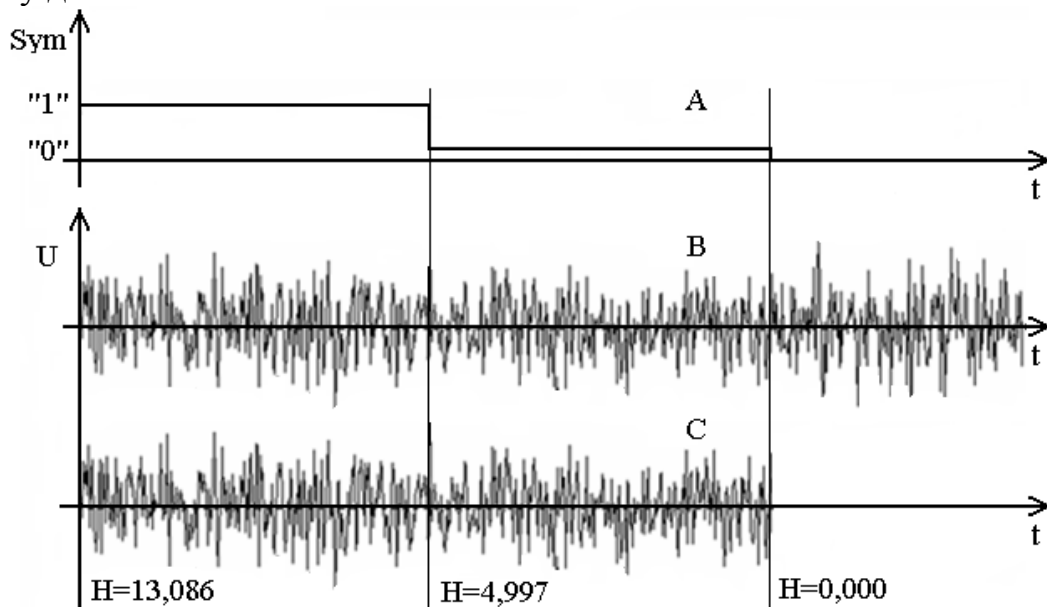


Рис. 2. Етапи формування широкопasmових сигналів на основі запропонованого методу

Отриманий з каналу обміну даними сигнал, рис.3D, після проходження через пристрій узгодження 7 (підсилювально-узгоджуючий пристрій, що може містити в собі частину з функцією переносу спектру в

зручну для обробки область), поступає на 8 - пристрій демодуляції, який працює згідно обраного методу кінцевої модуляції, в разі її застосування. Далі ширококутовий сигнал, що містить інформаційне повідомлення, подається на детектор зміни ентропії - обчислювальний пристрій 9, в якому відбувається виділення корисного вузькосмугового сигналу, рис.3F, шляхом визначення апостеріорної статистичної оцінки ентропії розподілу відносних частот станів сигналу за кінцевим проміжком часу, рис.3E.

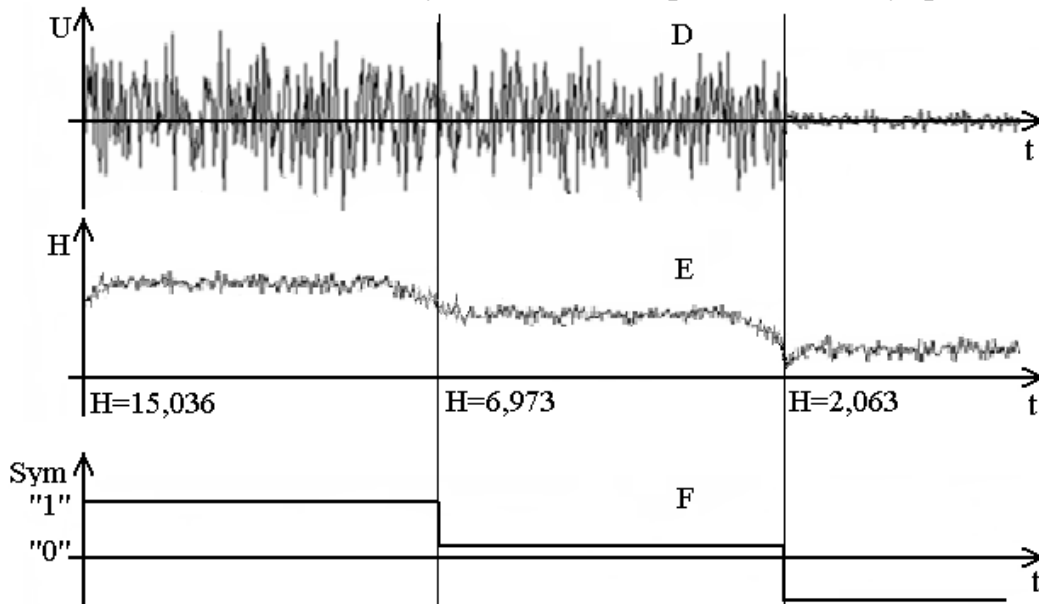


Рис. 3. Етапи обробки ширококутових сигналів на основі запропонованого методу

Такий ширококутовий сигнал є k -тою реалізацією $x^k(t)$ дискретного випадкового процесу $x(t)$, значення якого можуть приймати m станів X_j , $j=1,2,\dots,m$. Оцінка ентропії визначається шляхом статистичного аналізу вибірки значень $x^k(t_i)$ сигналу $x^k(t)$, що взяті в моменти часу t_i , $i=1,2,\dots,n$; де n – кількість елементів у вибірці, яка підбирається так, щоб час вибірки був набагато меншим від часу символного інтервалу. Крім того, кількість елементів у вибірці n має бути достатньою для адекватного оцінювання, з прийнятною імовірністю появи помилки. Прийнятна оцінка визначається з наступного аналітичного виразу [5]:

$$H(x^k(t)) = -\sum_{j=1}^m h(X_j) \cdot \log_2(h(X_j)), \quad j=1,2,\dots,m \quad (1)$$

де $h(X_j)$ - відносна частота стану X_j .

Відносна частота кожного стану X_j , що є статистичною оцінкою його імовірності, в свою чергу, визначається наступним чином [5]:

$$h(X_j) = \frac{n_j}{n}, \quad \text{для кожного } j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

де n_j - кількість елементів у вибірці, що прийняли стан X_j .

На підставі отриманої оцінки ентропії, для поточного моменту та проміжку часу, робиться висновок про відповідність сигналу, що приймається, відповідному стану закодованого сигналу інформаційного повідомлення. Після декодування завадостійкого коду в каналному декодері 10, отримується сигнал інформаційного повідомлення.

Доцільно зазначити, що при необхідності реалізації кодового розділення, в разі реалізації множинного доступу, інформаційне повідомлення, перед формуванням широкосмугового сигналу, необхідно додатково кодувати за допомогою систем ортогональних кодів тощо.

Сформовані на основі запропонованого методу широкосмугові сигнали володіють усіма корисними властивостями, що характерні для сигналів з розширеним спектром сформованих традиційними способами. Проте, однією з суттєвих переваг, запропонованого методу формування, є можливість, за умови не детермінованості форми сигналів, застосування сигналів, розподіл ймовірностей станів, яких забезпечує оптимальне використання енергії передавальної частини інформаційного каналу, що забезпечує енергетичну ефективність.

Література

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами - М. :Радио и связь, 1985. - 384 с.
2. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер.с англ./Под ред. Д. Д. Кловского. - М: Радио и связь, 2000. – 598с.
3. Мельничук С. І. Дослідження статистичних характеристик випадкових сигналів провідникових та радіоканалів обміну даними розподілених систем контролю / С. І. Мельничук, М. І. Козленко // Вісник Хмельницького національного університету. - 2005. - № 4. - С. 62-65.
4. Заявка на патент № а200508893. Спосіб передавання та приймання інформації на основі широкосмугових сигналів, що формуються процесами зі змінною ентропією розподілу ймовірностей станів / Мельничук С.І., Козленко М.І.
5. Г.Корн, Т.Корн Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.:Наука, 1977.- 832с.