

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Качур Любов Миколаївна

УДК 621.391 (0.43)

**МЕТОД СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
АБОНЕНТСЬКОЇ ЄМНОСТІ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З КОДОВИМ
РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Кіровоградському національному технічному університеті
Міністерства науки та освіти України

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Приходько Сергій Іванович, Українська
державна академія залізничного транспорту, завідувач
кафедри «Транспортний зв'язок».

Офіційні опоненти:

заслужений винахідник України,
доктор технічних наук, професор
Сорока Леонід Степанович, Харківський національний
університет імені В.Н. Каразіна, завідувач кафедри «Безпеки
інформаційних систем і технологій»;

кандидат технічних наук, доцент
Басов Віктор Євгенович, Одеська національна академія
зв'язку ім. О.С. Попова, кафедра «Інформаційна безпека та
передача даних».

Захист відбудеться «22» грудня 2010 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої
ради Д 64.820.01 в Українській державній академії залізничного транспорту, 61050,
м. Харків, пл. Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української державної академії
залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха 7.

Автореферат розісланий «18» листопада 2010 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради _____

Г.В. Альошин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Становлення та розвиток телекомунікаційних систем України як незалежної держави проходить у відповідності з Концепцією розвитку зв'язку в Україні, яка визначає основні підходи до розвитку та особливостей структурної перебудови зв'язку. Задачі, визначені Концепцією, планується реалізовувати шляхом використання новітніх технологій та засобів зв'язку на базі їх цифровізації, організації розробки та впровадження у вітчизняне виробництво сучасних телекомунікаційних засобів із техніко-економічними показниками на рівні всесвітніх стандартів якості.

У даний час на території України, як і в інших країнах, діє велика кількість операторів, які надають (пропонують) послуги мобільного радіозв'язку, у тому числі, використовуючи технологію багатостанційного доступу з кодовим розділенням каналів. В основу даної технології покладено використання широкосмугових систем радіозв'язку з прямим розширенням спектру, що дозволяє: отримати високу якість зв'язку та високу швидкість передачі даних у порівнянні з іншими стандартами зв'язку; забезпечити менше енерговикористання терміналів, що продовжує строк їх роботи без підзарядки; забезпечити більшу абонентську ємність мережі, що визначає ефективне використання частотного ресурсу та веде до зниження ціни пропонованих послуг зв'язку. Крім того, технологія кодового розділення каналів за рахунок прямого розширення спектра сигналів дозволяє протидіяти умисним штучним завадам, забезпечити функціонування систем радіозв'язку нижче рівня природного шуму, чим забезпечує конфіденційність передачі даних.

Таким чином, системи радіозв'язку з кодовим розділенням каналів мають низку суттєвих переваг у порівнянні з іншими стандартами радіозв'язку. Першочерговим завданням у цьому сенсі є підвищення абонентської ємності широкосмугових систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів за рахунок використання великих ансамблів дискретних сигналів. Відповідно, *науково-технічна задача синтезу великих ансамблів дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей є актуальною*. Її розв'язання має першочергове значення як для розвитку методів та алгоритмів цифрового зв'язку, так і для розв'язку прикладних питань підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі проводилися відповідно до наступних нормативних актів: Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» від 9 грудня 1999 р. №2238; Концепція Національної програми інформатизації схваленої, Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р. № 75/98-ВР; Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій»; Науково-дослідні роботи:

- дослідження та проведення лабораторних випробувань системи мультисервісного радіодоступу в діапазоні частот 10.5 ГГц в умовах станції Знам'янка (мультисервіс) 0109V001519;
- дослідження існуючих систем дуплексного радіозв'язку, прийнятних для застосування на залізничному транспорті (дуплекс) 0109V001518;
- дослідження та визначення методів та засобів радіомоніторингу на залізницях України (моніторинг) 0107U007062.

Метою дисертаційної роботи є підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів на основі використання великих ансамблів дискретних сигналів. Відповідно до поставленої мети дисертаційного дослідження необхідно вирішити наукову задачу, що складається з розробки методу синтезу великих

ансамблів дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **часткові задачі**:

1. Дослідити методи формування великих ансамблів дискретних сигналів та обґрунтувати вибір напрямку дисертаційних досліджень.
2. Розробити метод та алгоритми синтезу великих ансамблів недвійкових дискретних сигналів на основі узагальненопереставних перетворень недвійкових кодових слів.
3. Розробити рекомендації для програмної та апаратної реалізації пристроїв формування дискретних сигналів.
4. Дослідити кореляційні та ансамблеві властивості сформованих дискретних сигналів.

Об'єктом дослідження є процес кодового розділення каналів у системах радіозв'язку з багатостанційним доступом на основі використання великих ансамблів дискретних сигналів.

Предметом дослідження є методи синтезу великих ансамблів дискретних сигналів для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

Методи досліджень. При проведенні дисертаційних досліджень використані методи статистичної теорії зв'язку, алгебраїчної теорії кодів, теорії інформації та теорії таємних систем. При розробці методу синтезу великих ансамблів дискретних сигналів використані методи кореляційного та спектрального аналізу, завадостійкого кодування та теорії захисту інформації. При проведенні досліджень кореляційних та ансамблевих властивостей сформованих дискретних сигналів і розробці рекомендацій з вдосконалення систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів використані методи імітаційного моделювання та математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів обумовлена теоретичним узагальненням і новим вирішенням науково-технічної задачі, що полягає в розробці методу синтезу великих ансамблів дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

Одержані наступні наукові результати.

1. **Одержав подальший розвиток метод** синтезу дискретних сигналів для систем радіозв'язку з кодовим розділення каналів, який відрізняється від відомих формуванням великих ансамблів псевдовипадкових послідовностей з малими значеннями бічних викидів функції кореляції, що дозволяє без погіршення завадостійкості систем радіозв'язку суттєво підвищити абонентську ємність багатостанційного доступу.
2. **Вперше** обґрунтовано правило формування узагальнених матриць перестановки для побудови недвійкових дискретних сигналів, яке ґрунтується на врахуванні структурних властивостей упаковки векторного простору множиною циклічних орбіт, що дозволяє за критерієм мінімізації ймовірності перетворення двох і більше елементів в елементи однієї орбіти «повного коду» формувати великі ансамблі дискретних сигналів із покращеними властивостями.
3. **Удосконалена** методика оцінки кореляційних та ансамблевих властивостей дискретних сигналів, яка відрізняється від відомих врахуванням особливостей формування великих ансамблів псевдовипадкових послідовностей, що дозволяє адекватно обирати параметри сформованих дискретних сигналів та режими функціонування радіосистем із кодовим розділенням каналів.

Практичне значення результатів дисертаційних досліджень полягає в наступному.

1. Розроблені алгоритми синтезу дискретних сигналів для систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів, які практично реалізуються у розробленому методі та дозволяють формувати великі ансамблі псевдовипадкових послідовностей.

2. Одержані оцінки кореляційних та ансамблевих властивостей формованих дискретних сигналів. Показано, що пропонувані конструкції дозволяють без погіршення завадостійкості систем радіозв'язку суттєво підвищити абонентську ємність багатостанційного доступу.
3. Розроблені рекомендації щодо програмно-апаратної реалізації пристроїв формування псевдовипадкових послідовностей та практичні рекомендації з вдосконалення систем радіозв'язку із кодовим розділенням каналів за рахунок використання розробленого методу.

Одержані результати використані в науково-дослідних роботах, проведених у рамках Державної науково-технічної програми «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій». Одержані акти реалізації результатів досліджень при проведенні науково-дослідних робіт та на виробництві.

Достовірність одержаних результатів обґрунтовується їх незаперечністю основним положенням статистичної теорії зв'язку, теорії інформації та теорії захисту інформації, зведенням у спрощеному варіанті до відомих результатів у теорії сигналів та теорії кодів. Достовірність **підтверджується** збіжністю результатів експериментальних досліджень, отриманих у ході імітаційного моделювання, теоретичним даним, отриманих по виведеним аналітичним співвідношенням.

Публікації. Основні результати досліджень опубліковані в 6 наукових статтях. **Особистий внесок автора** дисертації в статті, виконані у співавторстві, полягає у наступному: в [1] автором доведено твердження про властивості еквівалентного (по кодовим параметрам та ваговому спектру) блокового коду, утвореного за допомогою узагальненопереставних перетворень, запропоновані основні етапи методу синтезу дискретних сигналів; в [2] автором отримані результати статистичних досліджень кореляційних властивостей формованих недвійкових дискретних сигналів, виконані порівняльні оцінки з відомими методами синтезу; в [3] автором досліджені особливості структурних перетворень послідовностей «повного коду» при формуванні дискретних сигналів, обґрунтований критерій відбору узагальнених матриць перестановки для мінімізації ймовірності перетворення двох і більше елементів однієї або кількох орбіт циклічного коду в елементи однієї (довільної) орбіти «повного коду»; в [5] автором виведені аналітичні вирази для оцінки ансамблевих властивостей формованих недвійкових дискретних сигналів, виконані порівняльні дослідження з відомими методами синтезу; в [4] автором формалізована задача синтезу великих ансамблів дискретних сигналів із покращеними ансамблевими та кореляційними властивостями, узагальнені результати порівняльних досліджень статистичних властивостей дискретних сигналів, формованих різними методами синтезу. Стаття [9] виконана без співавторів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались і були ухвалені на наступних науково-технічних конференціях:

- Міжнародна науково-технічна конференція «Управління розвитком. Стратегії ІТ-технологій в освіті, економіці та екології», Харків [5];
- Перша Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки в Збройних Силах України», Львів [6];
- Перша науково-технічна конференції «МНС України: сучасний стан та проблемні питання страхового фонду документації, перспективи розвитку та взаємодії», Харків [7];
- Четверта наукова конференція харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків [8];
- Міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком. Безпека та захист інформації в інформаційних і телекомунікаційних системах», Харків [9].

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 170 сторінки, у тому числі три додатки на 29 сторінках, 43 рисунки, 12 таблиць, перелік використаних джерел із 134 найменувань на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується вибір теми та її актуальність, визначаються об'єкт та предмет дослідження, мета та задачі роботи, методи дослідження. Визначено наукову новизну результатів дисертаційного дослідження, вказано теоретичне та практичне значення здобутих результатів.

У **першому розділі** досліджена проблема синтезу великих ансамблів кодових сигналів із покращеними кореляційними властивостями. Проаналізовані різні методи розв'язку поставленої задачі, досліджені кореляційні та ансамблеві властивості дискретних сигналів, які сформовані з використанням різних методів синтезу, обґрунтовано вибір перспективного напрямку досліджень – формування великих ансамблів дискретних недвійкових сигналів, заснованих на узагальненому переставному перетворенні елементів кодових слів недвійкових надлишкових (завадостійких) кодів.

Метод кодового розділення каналів широко використовується в системах військового та радіозв'язку з кодовим розділенням каналів CDMA (Code Division Multiple Access) як найбільш перспективний по багатьом характеристикам: висока завадостійкість каналів та забезпечення конфіденційності повідомлень, що передаються; висока швидкість передачі та ефективність використання спектру частот; висока енергетична економічність та екологічність термінального обладнання; висока абонентська ємність мережі та інше.

Для формалізації задачі синтезу великих ансамблів дискретних сигналів з покращеними авто- та взаємкореляційними властивостями введемо наступні визначення та позначення. Нехай $S_i = (S_{i_0}, S_{i_1}, \dots, S_{i_{n-1}})$ - ППВЧ (кодовий сигнал) із множини $S = \{S_0, S_1, \dots, S_{M-1}\}$. Визначимо нормовану *аперіодичну функцію взаємної кореляції* (АФВК) для ППВЧ S_i і S_j вираженням:

$$R_{i,j}^{АФВК}(l) = \frac{1}{n} (S_{i_0} S_{j_l} + S_{i_1} S_{j_{l+1}} + \dots + S_{i_{n-1}} S_{j_{l+n-1}}) = \frac{1}{n} \sum_{z=0}^{n-1} S_{i_z} S_{j_{l+z}}, \quad (1)$$

де l – число тактів, на які дві послідовності зсунуті одна відносно іншої, при чому $l = -n + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, n - 1$, $S_{j_{(n-1) < x < 0}} = 0$.

АФВК характеризує відгук обладнання на сигнал, який відрізняється від очікуваного, зсунений за часом на l символів вліво.

Нормована *періодична функція взаємної кореляції* (ПФВК) характеризує відгук обладнання на періодичну послідовність сигналів, які відрізняються від сигналу, що передбачається, і визначається за вираженням:

$$R_{i,j}^{ПФВК}(l) = \frac{1}{n} (S_{i_0} S_{j_{(l) \bmod(n)}} + S_{i_1} S_{j_{(l+1) \bmod(n)}} + \dots + S_{i_{n-1}} S_{j_{(l+n-1) \bmod(n)}}) = \frac{1}{n} \sum_{z=0}^{n-1} S_{i_z} S_{j_{(l+z) \bmod(n)}}. \quad (2)$$

Відгук обладнання на послідовність, яка відрізняється від очікуваного сигналу та від очікуваного сигналу, характеризує нормована *стикова функція взаємної кореляції* (СФВК).

Для оцінки міри подібності послідовності їй самій, зсунутій за часом на l символів вліво, тобто подібності ППВЧ їй самій, введемо нормовану *аперіодичну функцію автокореляції* (АФАК):

$$R_{i,i}^{A\Phi AK}(l) = \frac{1}{n} (S_{i_0} S_{i_l} + S_{i_1} S_{i_{l+1}} + \dots + S_{i_{n-1}} S_{i_{l+n-1}}) = \frac{1}{n} \sum_{z=0}^{n-1} S_{i_z} S_{i_{l+z}} \quad (3)$$

Нормована *періодична функція автокореляції* (ПФАК) характеризує відгук обладнання на періодичну послідовність очікуваних сигналів і визначається за співвідношенням:

$$R_{i,i}^{П\Phi AK}(l) = \frac{1}{n} (S_{i_0} S_{i_{(l)\text{mod}(n)}} + S_{i_1} S_{i_{(l+1)\text{mod}(n)}} + \dots + S_{i_{n-1}} S_{i_{(l+n-1)\text{mod}(n)}}) = \frac{1}{n} \sum_{z=0}^{n-1} S_{i_z} S_{i_{(l+z)\text{mod}(n)}} \quad (4)$$

Задача синтезу великих ансамблів дискретних сигналів з покращеними ансамблевими та кореляційними властивостями полягає у побудові такої множини $S = \{S_0, S_1, \dots, S_{M-1}\}$, щоб при найбільшому значенні потужності M множини S мінімально та максимально допустимі рівні бічних листків функцій авто- та взаємної кореляції знаходилися у встановлених межах:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{min}^{A\Phi BK} \leq R_{i,j}^{A\Phi BK}(l) \leq R_{max}^{A\Phi BK} \\ R_{min}^{П\Phi BK} \leq R_{i,j}^{П\Phi BK}(l) \leq R_{max}^{П\Phi BK} \\ R_{i,i}^{A\Phi AK}(0) = 1 \\ R_{min}^{A\Phi AK} \leq R_{i,i}^{A\Phi AK}(l \neq 0) \leq R_{max}^{A\Phi AK} \\ R_{i,i}^{П\Phi AK}(0) = 1 \\ R_{min}^{П\Phi AK} \leq R_{i,i}^{П\Phi AK}(l \neq 0) \leq R_{max}^{П\Phi AK} \end{array} \right. \quad (5)$$

де $R_{min}^{A\Phi BK}$, $R_{max}^{A\Phi BK}$, $R_{min}^{П\Phi BK}$, $R_{max}^{П\Phi BK}$, $R_{min}^{A\Phi AK}$, $R_{max}^{A\Phi AK}$, $R_{min}^{П\Phi AK}$, $R_{max}^{П\Phi AK}$ - мінімально та максимально допустимі рівні бічних пелюсток аперіодичної та періодичної функцій взаємної та автокореляції сигналів.

Проведені дослідження показують, що питанню синтезу складних сигналів, які мають потрібні кореляційні властивості, присвячено багато наукових робіт. На сьогоднішній день існують різні напрямлення розв'язку даної наукової задачі. У таблицю 1 зведено результати статистичних досліджень ПФВК дискретних сигналів, отриманих різними методами синтезу: 1) лінійні рекурентні послідовності максимального періоду; 2) характеристичні послідовності; 3) похідні ортогональні послідовності; 4) послідовності, утворені псевдовипадковою перестановкою елементів кодових слів двійкового регістрового коду максимальної довжини.

Таблиця 1

Статистичні властивості ПФВК ансамблів сигналів

Метод синтезу	Число елементів в сигналі; математичне очікування максимального викиду бічних пелюсток ПФВК				
1	15; $\frac{2,9}{\sqrt{n}}$	63; $\frac{2,5}{\sqrt{n}}$	255; $\frac{2,9}{\sqrt{n}}$	511; $\frac{3,1}{\sqrt{n}}$	1023; $\frac{3,1}{\sqrt{n}}$
2	16; $\frac{3,1}{\sqrt{n}}$	60; $\frac{3}{\sqrt{n}}$	256; $\frac{3,8}{\sqrt{n}}$	508; $\frac{3,2}{\sqrt{n}}$	1020; $\frac{3,1}{\sqrt{n}}$
3	16; $\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	60; $\frac{2,6}{\sqrt{n}}$	256; $\frac{3}{\sqrt{n}}$	508; $\frac{3,2}{\sqrt{n}}$	1020; $\frac{3,8}{\sqrt{n}}$
4	31; $\frac{2,1}{\sqrt{n}}$	63; $\frac{2,3}{\sqrt{n}}$	255; $\frac{2,8}{\sqrt{n}}$	511; $\frac{3}{\sqrt{n}}$	1023; $\frac{3,3}{\sqrt{n}}$

Аналіз даних таблиці 1 показує, що по взаємкореляційним властивостям формовані ансамблі сигналів мають практично однакові характеристики. У той же час ансамблеві властивості дискретних сигналів, утворених різними методами синтезу, суттєво відрізняються. На рис. 1. наведено залежність потужності M ансамблю сигналів від довжини n .

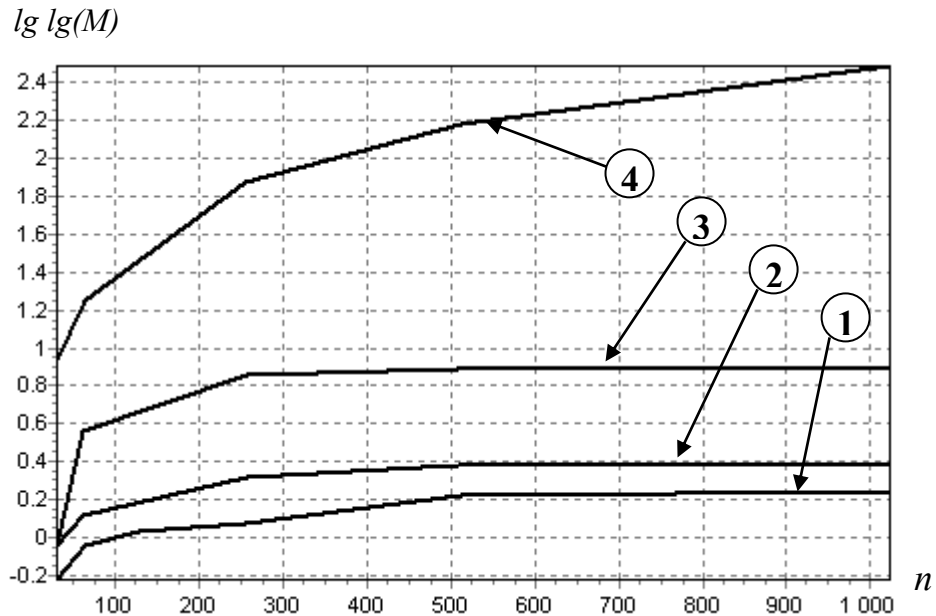


Рис. 1. – Залежність потужності ансамблю сигналів M від довжини сигналу n

Як видно із наведених залежностей, послідовності, утворені псевдовипадковою перестановкою елементів кодових слів реєстрового коду максимальної довжини, мають покращені ансамблеві властивості. За результатами аналізу ансамблевих та кореляційних властивостей дискретних сигналів видно, що послідовності, утворені псевдовипадковою перестановкою елементів кодових слів реєстрового коду максимальної довжини, мають покращені властивості, а відповідний метод синтезу є одним із найбільш перспективних із точки зору подальшого розвитку та практичного застосування для розв'язання проблеми побудови ефективних систем і мереж радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

У другому розділі розроблений метод синтезу великих ансамблів недвійкових дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей, побудованих узагальненим переставним перетворенням елементів кодових слів недвійкових надлишкових кодів. Розроблені обчислювальні алгоритми формування недвійкових псевдовипадкових послідовностей, досліджена складність їх реалізації. Розроблена структурна схема пристрою формування псевдовипадкових послідовностей для побудови недвійкових дискретних сигналів.

Нехай D – діагональна матриця з ненульовими на діагоналі елементами, P – переставна матриця розміру $n \times n$. Переставна матриця реалізує перестановку координат вектора у вигляді матричного множення, а саме, елемент p_{ij} матриці P рівний 1 тоді і тільки тоді, коли координата з номером i переходить внаслідок перестановки в координату з номером j . У всіх інших випадках $p_{ij} = 0$. Таким чином, матриця P вміщує у кожному стовбці і в кожному рядку лише одну одиницю. Множення матриць $A = P \cdot D$ задає узагальнену матрицю перестановки A з ненульовими елементами поля $GF(q)$. Якщо D – одинична матриця, то $A = P$ задає звичайну перестановку символів. Припустимо, що

$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ вхідний вектор, а $a^* = \{a^*_1, a^*_2, \dots, a^*_n\}$ вихідний вектор, $\forall a_i, a^*_i \in GF(q)$. Тоді переставне перетворення можна представити у вигляді: $a^* = a \cdot \Lambda$.

Розглянемо векторний простір $GF^n(q)$ як множину n - послідовностей елементів з $GF(q)$ з покомпонентним додаванням та множенням на скаляр. Лінійний (n, k, d) код V є підпростір $GF^k(q)$ у просторі $GF^n(q)$, тобто непушта множина n - послідовностей (кодових слів) над $GF(q)$, k – розмірність лінійного підпростору, d - мінімальна кодова відстань (мінімальна вага ненульового кодового слова).

Твердження 1. Узагальнене переставне перетворення Λ над усіма кодовими словами лінійного блокового (n, k, d) коду V над $GF(q)$ утворює новий лінійний блоковий код V^* над $GF(q)$ з тими ж параметрами та ваговим спектром.

Твердження 1 дозволяє, використовуючи перетворення Λ , реалізувати відображення $\Lambda: V \rightarrow V^*$, тобто за заданим кодом V будувати новий код V^* , причому ваговий спектр та (n, k, d) параметри коду V^* відповідають коду V . Для побудови V^* досить перетворити базис лінійного підпростору $GF^k(q) \subseteq GF^n(q)$ (базис коду V), наприклад, множенням матриці G , що породжує код V на матрицю Λ : $G^* = G \cdot \Lambda$.

Пропонований метод формування недвійкових псевдовипадкових послідовностей включає сукупність прийомів та операцій алгебраїчної теорії блокових кодів, комбінаторики та теорії чисел, теорії ймовірності, методів кореляційного та спектрального аналізу та дозволяє за скінчене число операцій сформувати множину псевдовипадкових послідовностей з ансамлевими та кореляційними властивостями, що вимагаються.

На першому етапі запропонованого методу за допомогою методів алгебраїчної теорії блокових кодів за введеними вихідними даними формується кодове слово недвійкового блокового коду V . На другому етапі з використанням методів комбінаторики та теорії чисел за введеними ключовими даними виконується узагальнене переставне перетворення Λ кодових слів коду V . Ключові дані, що задають матрицю Λ , формуються випадково, рівноймовірно та незалежно. На третьому етапі з використанням методів кореляційного та спектрального аналізу досліджуються кореляційні властивості формованих послідовностей. Після виконання усіх етапів запропонованого методу маємо множину псевдовипадкових послідовностей з ансамлевими та кореляційними властивостями, що вимагаються. Алгоритм побудови дискретних недвійкових сигналів у загальному вигляді представимо у вигляді наступних кроків.

Крок 1. Введення вихідних даних (довжина послідовності n , потужність ансамблю сигналів M , потужність алфавіту символів дискретних послідовностей q).

Крок 2. Вибір алгебраїчного блокового коду, що використовується, та розрахунок його (n, k, d) параметрів над $GF(q)$, $q^k \geq M$.

Крок 3. Формування узагальненої матриці перестановки Λ розміром $n \times n$ символів із $GF(q)$.

Крок 4. Формування M кодових слів алгебраїчного блокового (n, k, d) коду над $GF(q)$.

Крок 5. Виконання узагальнено-переставного перетворення над M кодовими словами алгебраїчного блокового (n, k, d) коду над $GF(q)$.

Крок 6. Формування ансамблю дискретних сигналів потужності M , виведення отриманих результатів.

Припустимо, що алгебраїчний блоковий код, що використовується на кроці 4 розробленого алгоритму, заданий своєю породжувальною матрицею G . За своєю суттю завадостійке кодування реалізує всюди визначене відображення множини інформаційних

k - послідовностей у множину n - послідовностей кодових слів. Узагальнено-переставне перетворення на кроці 5 реалізує бієктивне відображення множини n - послідовностей кодових слів $C = (C_0 \ C_1 \ \dots \ C_{n-1})$ у множину n - послідовностей кодових слів $C^* = (C^*_0 \ C^*_1 \ \dots \ C^*_{n-1})$ з символами із $GF(q)$ деякого лінійного еквівалентного коду. Таким чином, дискретна псевдовипадкова послідовність $C^* = (C^*_0 \ C^*_1 \ \dots \ C^*_{n-1})$, що використовується в якості кодового сигналу у багатоадресній системі радіозв'язку, є результатом послідовного виконання двох лінійних перетворень: операції кодування лінійним блоковим кодом та операції узагальнено-переставного перетворення, тобто запишемо:

$$C^* = C \cdot \Lambda = I \cdot G \cdot P \cdot D. \quad (6)$$

Аналіз виразу (6) показує, що при заданих значеннях G (правило завадостійкого кодування), P і D (правило узагальненопереставного перетворення) дискретна послідовність C^* може бути однозначно отримана за інформаційною k - послідовністю $I = (I_0 \ I_1 \ \dots \ I_{k-1})$. Таким чином, маємо можливість реалізувати правило формування дискретної псевдовипадкової послідовності за введеним номером (ідентифікаційним кодом) абонента, у якості якого будемо використовувати шукану послідовність I . Схема формування дискретних сигналів при такому підході представлена на рис. 2.

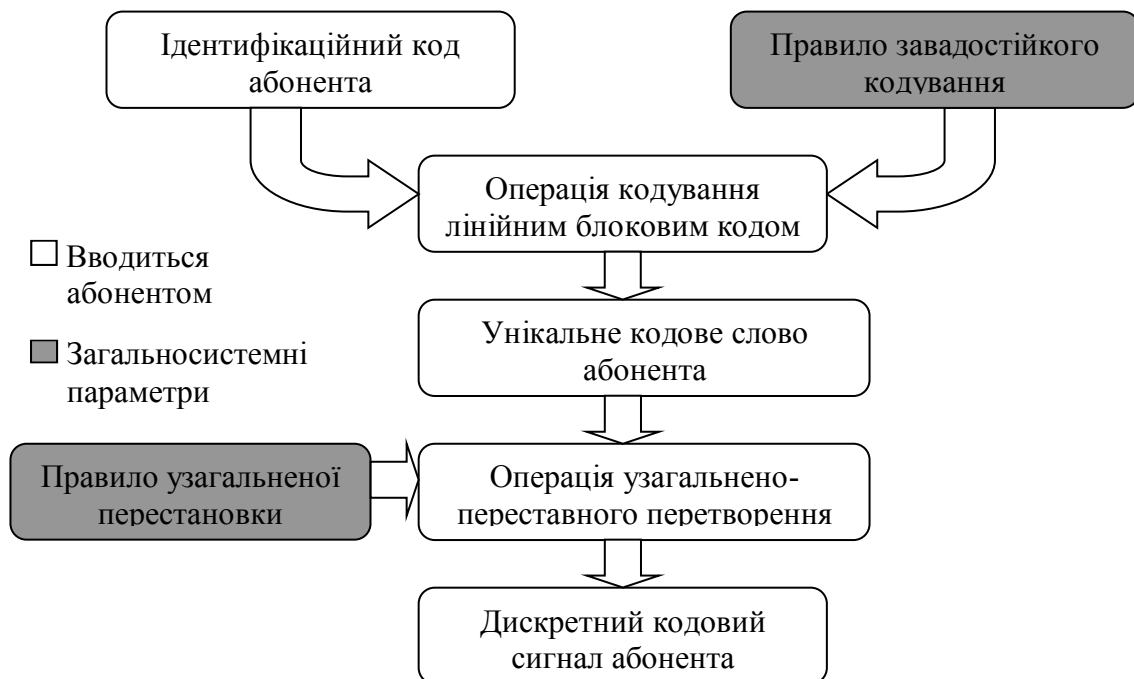


Рис. 2. – Схема формування дискретних сигналів за введеним номером

У відповідності з розробленим методом синтезу великих ансамблів дискретних сигналів і запропонованими алгоритмами формування послідовностей ключовим етапом побудови дискретних сигналів є формування узагальнено-переставних матриць Λ . Найбільш просте обґрунтування процедури формування матриці Λ базується на використанні поняття орбіт дискретних послідовностей і методів лінійної алгебри та комбінаторики.

Розглянемо множину всіх двійкових n послідовностей, які утворюють так званий «повний код». Структура множини еквівалентна векторному простору $GF^n(q)$ з покомпонентним додаванням та перемноженням на скаляр. Розіб'ємо множину на

підмножини (орбіти) V_1, V_2, \dots, V_L , кожна з яких вміщує сукупність послідовностей, еквівалентних одна одній відносно операції циклічного зсуву. На рис. 3. схематично зображена структура недвійкового циклічного коду V як об'єднання скінченного числа (V_1, V_2, \dots, V_L) недвійкових орбіт і результат операції узагальнено-переставного перетворення. Символами $S_{i,j}$, $i = \overline{1, L}$, $j = \overline{1, z_i}$ схематично позначені n послідовності як елементи «повного коду». Всі $S_{i,j}$, $i = \overline{1, L}$, $j = \overline{1, z_i}$ згруповані за ознакою еквівалентності відносно операції циклічного зсуву. Стрілками на рисунку позначено відображення множини кодових слів вихідного коду V у множини кодових слів еквівалентного (за кодovими співвідношеннями та ваговому спектру) недвійкового блокового коду V^* . Еквівалентний код є об'єднанням скінченного числа n послідовностей з елементами із $GF(q)$, які можуть як належати, так і не належати одній із орбіт (на рисунку схематично показані обидва випадки).

У першому випадку послідовності, що сформовані, мають властивість псевдовипадковості і не є еквівалентними відносно операції циклічного зсуву. У другому випадку, тобто у випадку відображення двох і більше кодових слів у одну (довільну) орбіту, сформовані послідовності мають властивість псевдовипадковості, однак завжди знайдеться така кількість циклічних зсувів, що одна із послідовностей може бути перетворена в іншу, яка теж належатиме даному коду. Тобто сформовані послідовності є еквівалентними відносно операції циклічного зсуву.

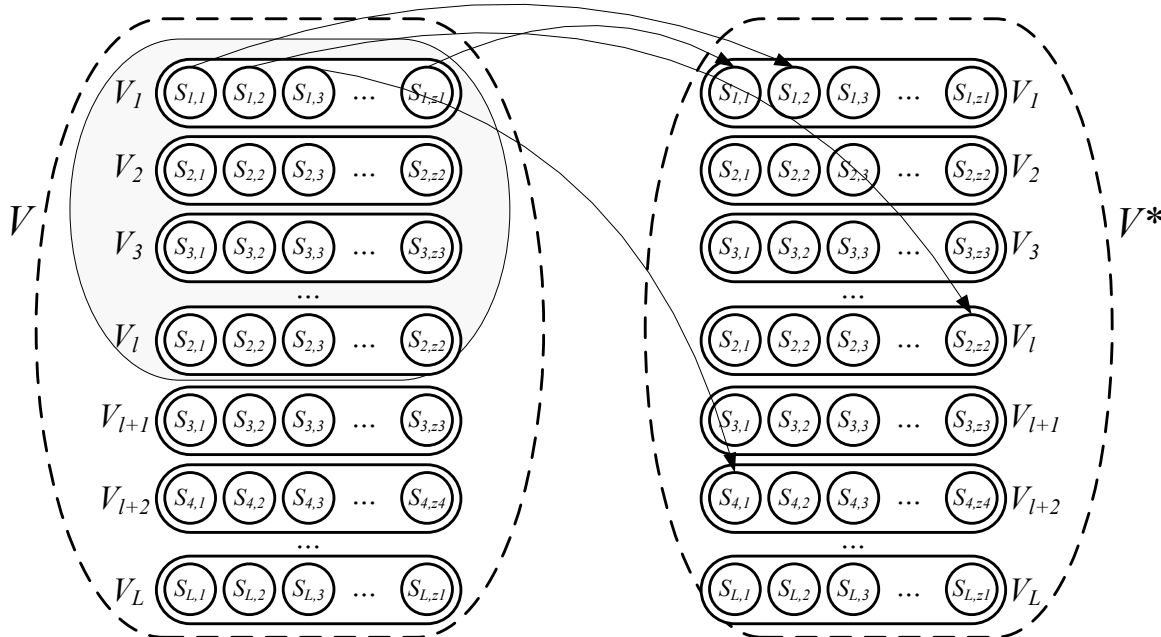


Рис. 3. – Схема відображення $\Lambda: V \rightarrow V^*$

Таким чином, наведені вище судження дозволяють стверджувати, що загальним критерієм відбору узагальнених переставних матриць A є мінімізація ймовірності перетворення двох і більше елементів однієї або кількох орбіт циклічного коду в елементи однієї (довільної) орбіти «повного коду». Якщо прийняти припущення про випадкове і незалежне перетворення елемента орбіти циклічного коду у довільний елемент однієї з орбіт «повного коду», тоді найбільш прийнятним правилом формування матриці A є випадковий і незалежний її відбір із повної множини подібних матриць.

У третьому розділі розроблені рекомендації щодо програмної та апаратної реалізації пристроїв формування дискретних сигналів, обґрунтований вибір параметрів кодових конструкцій для побудови дискретних сигналів із покращеними властивостями.

Розроблений метод синтезу дискретних сигналів дозволяє формувати великі ансамблі дискретних сигналів із покращеними властивостями. Кореляційні та ансамблеві характеристики синтезованих дискретних сигналів визначаються дистанційними та потужнісними властивостями надлишкових кодів, які використовуються. Розглянемо найбільш розповсюджений клас циклічних кодів, обґрунтуємо їх параметри з точки зору мінімізації бічних викидів кореляційної функції.

Ансамбль дискретних сигналів, синтезованих із використанням запропонованого методу, відповідає множині кодових слів еквівалентного (по кодовим параметрам та ваговому спектру) коду V^* , отриманому в результаті узагальненопереставного перетворення коду V , що використовується. Відповідно, потужність M ансамблю синтезованих сигналів визначається потужністю вихідного коду, тобто числом ненульових кодових слів:

$$M = q^k - 1. \quad (7)$$

Коефіцієнт періодичної функції взаємної кореляції синтезованих дискретних сигналів при $l = 0 \bmod(n)$ визначається дистанційними властивостями коду:

$$R_{i,j}^{ПФВК}(0 \bmod(n)) \leq \frac{n - 2 \cdot d}{n}. \quad (8)$$

Значення періодичної функції автокореляції синтезованих дискретних сигналів обмежені наступним вираженням:

$$R_{i,i}^{ПФАК}(l) = \begin{cases} 1, l = 0 \bmod(n) \\ \leq \frac{n - 2 \cdot d}{n}, l \neq 0 \bmod(n) \end{cases}. \quad (9)$$

Якщо ваговий спектр коду $A(w)$, $w = \overline{0, n}$ має вигляд (типовий спектр реєстрового коду максимальної довжини):

$$A(w) = \begin{cases} 1, w = 0; \\ 0, w = \overline{1, d-1}; \\ \neq 0, w = \overline{d, d+x}; \\ 0, w = \overline{d+x, n}; \end{cases}$$

де $A(w)$ - число кодових слів вагою w , тоді коефіцієнт періодичної функції взаємної кореляції синтезованих дискретних сигналів при $l = 0 \bmod(n)$ лежить у межах:

$$\frac{n - 2 \cdot (d + x)}{n} \leq R_{i,j}^{ПФВК}(0 \bmod(n)) \leq \frac{n - 2 \cdot d}{n}, \quad (10)$$

значення періодичної функції автокореляції обмежені вираженням:

$$\frac{n - 2 \cdot (d + x)}{n} \leq R_{i,i}^{ПФАК}(l \neq 0 \bmod(n)) \leq \frac{n - 2 \cdot d}{n}. \quad (11)$$

Результати дослідження властивостей циклічних кодів показують, що їх ваговий спектр підкорений строгій алгебраїчній структурі, визначеній груповими властивостями коду. Оцінимо величину кодової відстані недвійкового реєстрового коду максимальної довжини і відповідні значення кореляційної функції синтезованих дискретних сигналів. Припустимо, що недвійковий циклічний код заданий перевірючим многочленом виду:

$$h(x) = f_i(x),$$

де $f_i(x)$ - мінімальний многочлен примітивного елементу поля $GF(q^m)$.

В цьому випадку код пов'язаний наступними співвідношеннями (твердження 2).

Твердження 2. Параметри недвійкового реєстрового коду максимальної довжини задовольняють вираженням:

$$n = q^m - 1; k = m; d = q^m - q^{m-1}.$$

Потрібно відмітити, що останнє співвідношення узагальнює вираження для оцінки двійкового реєстрового коду на недвійковий випадок.

Ваговий спектр недвійкового реєстрового коду має вигляд:

$$A(w) = \begin{cases} 1, w = 0; \\ 0, w = \overline{1, d-1}; \\ n-1, w = d; \\ 0, w = \overline{d+1, n}; \end{cases}$$

що після підстановки в (7)-(11) приводить до наступної оцінки кореляційних властивостей:

$$R_{i,j}^{ПФВК} (0 \bmod(n)) = -\frac{q^m - 2q^{m-1} + 1}{n}, \quad (12)$$

$$R_{i,i}^{ПФАК} (l \neq 0 \bmod(n)) = -\frac{q^m - 2q^{m-1} + 1}{n}. \quad (13)$$

Аналіз виразів (12), (13) показує, що застосування недвійкових реєстрових кодів максимальної довжини для синтезу недвійкових дискретних сигналів не є оптимальним розв'язком за критерієм мінімізації бічних викидів функції кореляції. Аналіз розглянутих співвідношень показує, що для синтезу близьких до оптимальних недвійкових дискретних послідовностей необхідно використовувати недвійкові циклічні коди, які задані перевірочним многочленом як множення мінімальних многочленів підряд слідуєчих елементів скінченного поля: $h(x) = \prod_i f_i(x)$.

Для практичної реалізації запропонованого підходу розроблено рекомендації щодо побудови пристроїв формування дискретних сигналів у програмно-апаратному вигляді. На рис. 4. зображено структурну схему пристрою формування псевдовипадкових послідовностей для побудови дискретних сигналів. На рисунку позначені: БВІК – блок введення ідентифікаційного коду абонента; БФКС – блок формування кодового слова; БФДП – блок формування дискретної послідовності; БУПП – блок узагальнено-переставного перетворення; БЗГМ – блок зберігання генераторної матриці; БЗУМП – блок зберігання узагальненої матриці перестановки; БУ – блок узгодження.

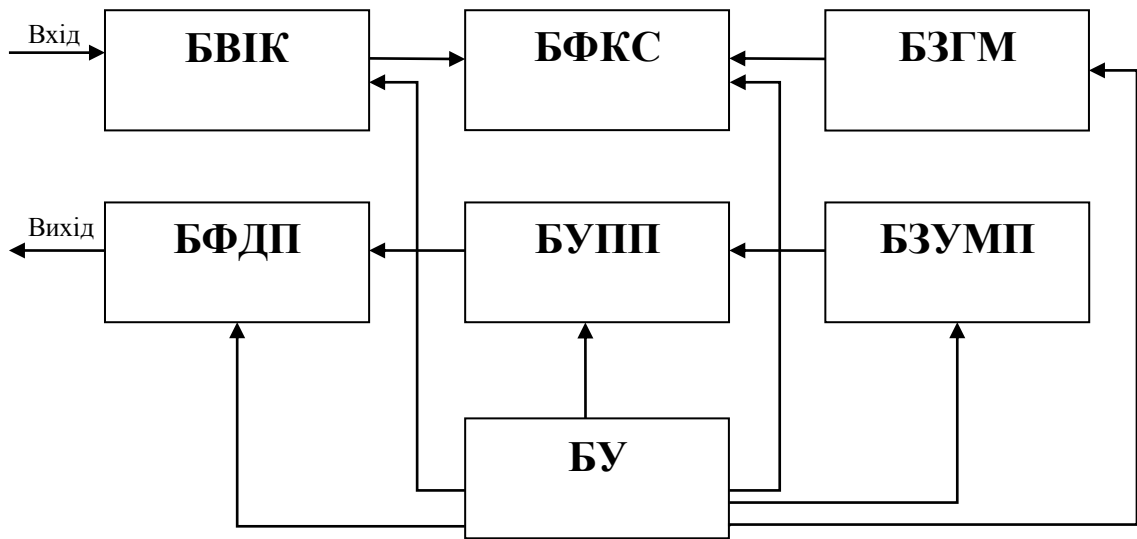


Рис. 4. – Структурна схема пристрою формування псевдовипадкових послідовностей для побудови дискретних сигналів

Для програмної реалізації запропонованого підходу по побудові великих ансамблів дискретних сигналів із покращеними властивостями, демонстрації основних структурних етапів процесу синтезу сигналів та проведення статистичних досліджень кореляційних властивостей формованих послідовностей розроблена програмна модель. З її використанням проведені статистичні дослідження кореляційних властивостей формованих ансамблів сигналів.

У четвертому розділі розроблена методика дослідження кореляційних та ансамблевих властивостей формованих дискретних сигналів. З використанням методів математичної статистики досліджені кореляційні властивості, оцінені статистичні характеристики величин викидів бічних листків функції авто- та взаємної кореляції формованих сигналів. Проаналізовані ансамблеві характеристики дискретних послідовностей, проведені порівняльні дослідження з ансамблями дискретних сигналів, сформованих різними відомими методами.

Основним параметром, що характеризує властивості отриманих послідовностей, відповідно є значення максимального викиду бічного листка функції кореляції. При проведенні статистичних досліджень даний показник характеризується його математичним сподіванням U_{\max} та середнім квадратичним відхиленням (СКВ) $\sqrt{D_{U_{\max}}}$. Крім цього, у відповідності з методикою досліджень оцінювались також наступні статистичні параметри: $M_{|ПФВК|}$ – мат. сподівання модулів рівня бічних пелюсток; $M_{ПФВК}$ – мат. сподівання рівня бічних пелюсток; $\sqrt{D_{m_{|ПФВК|}}}$ – СКВ модуля середнього значення рівня бічних пелюсток; $\sqrt{D_{m_{ПФВК}}}$ – СКВ середнього значення рівня бічних пелюсток; $D_{ПФВК}$ – дисперсія рівня бічних пелюсток; $D_{|ПФВК|}$ – дисперсія модуля рівня бічних пелюсток; $\sqrt{D_{d_{ПФВК}}}$ – СКВ дисперсії рівня бічних пелюсток; $\sqrt{D_{d_{|ПФВК|}}}$ – СКВ дисперсії модуля рівня бічних пелюсток.

У табл. 2 наведено результати порівняння статистичних характеристик ПФВК для різних методів синтезу: 1) недвійкові дискретні сигнали Френка; 2) послідовності,

утворені псевдовипадковою перестановкою елементів кодових слів двійкового реєстрового коду максимальної довжини (метод-прототип); 3) синтезовані 4-і послідовності; 4) синтезовані 8-і послідовності.

Таблиця 2

Статистичні характеристики ПФВК						
Метод синтезу	Число елементів у сигналі (n); математичне сподівання максимального викиду бічних пелюсток ПФВК (U_{\max})					
1	9; $\frac{0,3}{\sqrt{n}}$	16; $\frac{0,36}{\sqrt{n}}$	36; $\frac{0,3}{\sqrt{n}}$	64; $\frac{0,24}{\sqrt{n}}$	81; $\frac{0,225}{\sqrt{n}}$	100; $\frac{0,2}{\sqrt{n}}$
2	31; $\frac{2,1}{\sqrt{n}}$	63; $\frac{2,3}{\sqrt{n}}$	127; $\frac{2,6}{\sqrt{n}}$	255; $\frac{2,8}{\sqrt{n}}$	511; $\frac{3}{\sqrt{n}}$	1023; $\frac{3,3}{\sqrt{n}}$
3	15; $\frac{1,19}{\sqrt{n}}$		63; $\frac{1,64}{\sqrt{n}}$		255; $\frac{2,04}{\sqrt{n}}$	1023; $\frac{2,33}{\sqrt{n}}$
4	63; $\frac{1,82}{\sqrt{n}}$				511; $\frac{2,77}{\sqrt{n}}$	

Наведені результати отримані при кількості реалізацій $N \gg 10^5$, достовірність отриманих експериментальних оцінок не менше 0,99, що говорить про високу достовірність отриманих результатів.

Аналіз даних, наведених у таблиці 2, показує, що середні значення максимумів бічних пелюсток функції взаємної кореляції лежать у діапазоні $\approx \frac{2 \div 3}{\sqrt{n}}$, де n – довжина

послідовності. Абсолютні значення максимальних викидів функції взаємної кореляції з ростом довжини послідовностей різко зменшуються, що узгоджується з відомими результатами та положеннями теорії дискретних сигналів. Таким чином, можна констатувати, що за своїми кореляційними властивостями формовані дискретні сигнали близькі до оптимальних і можуть використовуватися в радіосистемах зв'язку з кодовим розділенням каналів.

На рис. 5. наведено залежності потужностей ансамблів дискретних сигналів: 1) сигнали Френка; 2) метод-прототип; 3) запропонований метод. Потрібно відмітити, що метод-прототип, хоча і дозволяє формувати лише двійкові

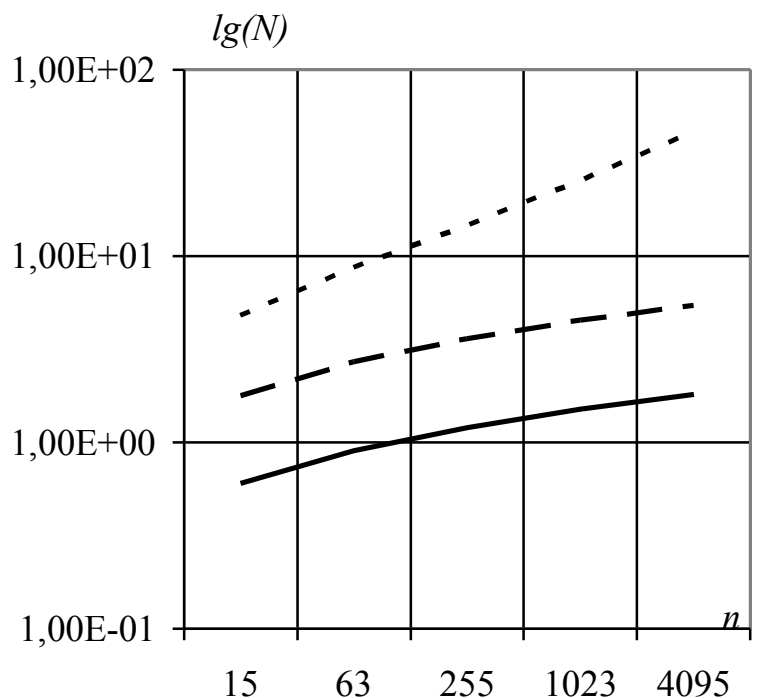


Рис. 5. – Залежність потужності ансамблю дискретних сигналів від довжини

дискретні послідовності, але має найкращі з усіх відомих раніше ансамблеві властивості. Запропонований метод дозволяє забезпечити синтез великих ансамблів, розмір яких різко зростає при збільшенні довжини формованих послідовностей. У порівнянні з відомими методами запропонований підхід дозволяє суттєво розширити ансамблі сигналів, що значно (на 10-15 порядків) підвищує абонентську ємність радіосистем управління з кодовим розширенням каналів.

У **додатках** наведено лістинг програмної реалізації алгоритмів формування дискретних сигналів запропонованим методом, приклади залежностей періодичних та аперіодичних функцій авто- та взаємної кореляцій формованих дискретних сигналів, а також акти реалізації результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримано теоретичне узагальнення та нове розв'язання важливої науково-технічної задачі, яка складається з розробки методу синтезу великих ансамблів дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

1. Проведений аналіз сучасних вимог до якості запропонованих послуг цифрового зв'язку та характеристик використовуваних протоколів цифрової телепередачі даних показав науково-технічне протиріччя між різким збільшенням кількості абонентів мереж мобільного зв'язку, розширенням спектру та якості пропонованих послуг і підвищеними ймовірно-часовими вимогами до перспективних радіосистем управління, у тому числі на транспорті. Першочерговим завданням у цьому сенсі є підвищення абонентської ємності широкосмугових систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів за рахунок використання великих ансамблів дискретних сигналів. Перспективним напрямком для розв'язку поставленої задачі є розробка методів й алгоритмів синтезу великих ансамблів слабо корельованих дискретних сигналів з покращеними властивостями.
2. Проведені дослідження довели, що перспективним напрямком є розробка методів синтезу недвійкових псевдовипадкових послідовностей, які ґрунтуються на узагальненому переставному перетворенні елементів кодових слів недвійкових надмірних (завадотривких) кодів. Отримані результати досліджень кореляційних та ансамблевих властивостей сформованих запропонованим методом послідовностей, дозволяють стверджувати про значне поліпшення ансамблевих властивостей побудованих дискретних сигналів при практично однакових кореляційних властивостях. Практичне використання отриманих результатів дозволить суттєво підвищити абонентську ємність систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів і вирішити таким чином поставлену наукову задачу.
3. Найбільш важливими науковими результатами, отриманими в дисертації, є наступні. Одержав подальший розвиток метод синтезу дискретних сигналів для систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів, який дозволяє без погіршення завадотривкості систем радіозв'язку суттєво підвищити абонентську ємність багатостанційного доступу. Вперше обґрунтовано правило формування узагальнених матриць перестановки для побудови недвійкових дискретних сигналів, що дозволяє за критерієм мінімізації ймовірності перетворення двох і більше елементів в елементи однієї орбіти «повного коду» формувати великі ансамблі дискретних сигналів із покращеними властивостями. Удосконалена методика оцінки кореляційних та ансамблевих властивостей дискретних сигналів, що дозволяє відповідно обирати параметри дискретних сигналів, що сформовані, та режими функціонування радіосистем із кодовим розділенням каналів.

4. Найбільш важливими практичними результатами, отриманими в дисертації, являються наступні. Розроблені алгоритми синтезу дискретних сигналів для систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів, які практично реалізують розроблений метод і дозволяють формувати великі ансамблі псевдовипадкових послідовностей. Одержані оцінки кореляційних та ансамблевих властивостей сформованих дискретних сигналів. Показано, що запропоновані конструкції дозволяють без погіршення завадостійкості систем радіозв'язку суттєво підвищити абонентську ємність багатостанційного доступу. Розроблено рекомендації щодо програмно-апаратної реалізації пристроїв формування псевдовипадкових послідовностей і практичні рекомендації з удосконалення систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів за рахунок використання розробленого методу.
5. Одержані результати використані в науково-дослідних роботах, які проведені в рамках Державної науково-технічної програми «Створення перспективних телекомунікаційних систем та технологій». Одержані акти реалізації результатів досліджень при проведенні науково-дослідних робіт та на виробництві.

Результати дисертаційної роботи можуть використовуватися при проведенні науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт по створенні нових засобів передачі даних для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів на основі використання великих ансамблів дискретних сигналів.

Результати досліджень будуть корисні для підготовки спеціалістів вищих навчальних закладів України при вивченні навчальних дисциплін по теорії зв'язку, теорії дискретних сигналів, теорії інформації та завадостійкому кодуванню.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кузнецов А.А. Разработка метода и алгоритмов синтеза больших ансамблей недвоичных дискретных сигналов на основе обобщенных перестановочных преобразований / А.А.Кузнецов, Ал.М. Носик, А.А. Смирнов, Ан.М. Носик, Л.Н. Качур // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС – 2008. – Вип. 5(72). – С. 151-156.
2. Носик Ал.М. Исследование корреляционных свойств недвоичных дискретных сигналов/ Ал.М.Носик, Ан.М. Носик, Л.Н. Качур, В.Н. Сай // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС – 2008. – Вип. 6(73). – С. 85-88.
3. Стасев Ю.В. Обоснование правила формирования обобщенно-перестановочных матриц для построения дискретных сигналов с улучшенными свойствами / Ю.В.Стасев, А.М. Носик, Л.Н. Качур, В.Н. Сай // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.:ЦНДІ НіУ, 2008. – Вип. 3(7). – С. 158-162.
4. Стасев Ю.В. Формирование больших ансамблей дискретных сигналов с использованием избыточных кодов / Ю.В.Стасев, А.А. Кузнецов, А.М. Носик, Л.Н. Качур // Збірник наукових праць ХУ ПС. – Харків: ХУПС. – 2008. – Вип. 2 (17). – С. 102-109.
5. Смирнов А.А. Формирование больших ансамблей дискретных сигналов на основе методов алгебраического кодирования/ А.А. Смирнов, А.Н. Коваленко, Л.Н. Качур // Управління розвитком. Стратегії ІТ-технологій в освіті, економіці та екології. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: ХНЕУ. – 2007. – С.70-71.
6. Смирнов А.А. Формирование больших ансамблей дискретных сигналов с использованием избыточных кодов / А.А. Смирнов, Л.Н. Качур // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки в Збройних Силах України. Збірка тез доповідей Першої Всеукраїнської науково-практичної конференції 4-5 березня 2008 р. – Львів : ЛІСВ НУ «ЛП». – 2008. – С.219.

7. Носик А.М. Разработка метода формирования недвоичных псевдослучайных последовательностей для построения дискретных сигналов/ А.М. Носик, А.А. Смирнов, Л.Н. Качур // Матеріали першої науково-технічної конференції «МНС України: сучасний стан та проблемні питання страхового фонду документації, перспективи розвитку та взаємодії». Програма конференції та тези доповідей. – Х.: НДІ макрографії. – 2008. – С. 46 – 47.
8. Смирнов А.А. Синтез больших ансамблей дискретных сигналов с использованием недвоичных избыточных кодов/ А.А. Смирнов, А.М. Носик, Л.Н. Качур, С.Ю. Стасев // Четверта наукова конференція харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба 16 – 17 квітня 2008 р. Матеріали конференції – Х.: ХУ ПС. – 2008. – С.154 – 155.
9. Качур Л.Н. Синтез недвоичных дискретных сигналов с улучшенными свойствами и оценка их параметров / Л.Н. Качур // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС – 2008. – Вип. 7(74). – С. 58-62.

АНОТАЦІЯ

Качур Л.М. Метод синтезу дискретних сигналів для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2010.

Дисертація присвячена рішенням актуальної науково-технічної задачі, що полягає в розробці методу синтезу великих ансамблів дискретних сигналів на основі псевдовипадкових послідовностей для підвищення абонентської ємності систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів.

Проведені дослідження довели, що перспективним напрямком є розроблення методів синтезу недвійкових псевдовипадкових послідовностей, які ґрунтуються на узагальненому переставному перетворенні елементів кодових слів недвійкових надмірних завадотривких кодів. Одержані результати досліджень кореляційних та ансамблевих властивостей, сформованих запропонованим методом послідовностей, дозволяють стверджувати про значне поліпшення ансамблевих властивостей побудованих дискретних сигналів при практично однакових кореляційних властивостях. Практичне використання отриманих результатів дозволить суттєво підвищити абонентську ємність систем радіозв'язку з кодовим розділенням каналів і вирішити таким чином поставлену наукову задачу.

Ключові слова: кодове розділення каналів, передача дискретних повідомлень, алгебраїчний блоковий код.

АННОТАЦИЯ

Качур Л.Н. Метод синтеза дискретных сигналов для повышения абонентской емкости систем радиосвязи с кодовым разделением каналов. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической задачи, состоящей в разработке метода синтеза больших ансамблей дискретных сигналов на основе псевдослучайных последовательностей для повышения абонентской емкости систем радиосвязи с кодовым разделением каналов.

Проведенные исследования показали, что перспективным направлением является разработка методов синтеза недвоичных псевдослучайных последовательностей, основанных на обобщенном перестановочном преобразовании элементов кодовых слов недвоичных избыточных (помехоустойчивых) кодов. Полученные результаты исследований корреляционных и ансамблевых свойств формируемых таким образом последовательностей, позволяют утверждать о значительном улучшении ансамблевых свойств формируемых дискретных сигналов при сопоставимых корреляционных свойствах. Практическое использование полученных результатов позволит существенно повысить абонентскую емкость систем радиосвязи с кодовым разделением каналов и решить, таким образом, поставленную научную задачу.

Получил дальнейшее развитие метод синтеза дискретных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов, который позволяет без ухудшения помехоустойчивости систем радиосвязи существенно повысить абонентскую емкость многостанционного доступа. Впервые обосновано правило формирования обобщенно-перестановочных матриц для построения недвоичных дискретных сигналов, что позволяет по критерию минимизации вероятности преобразования двух и более элементов в элементы одной орбиты «полного кода» формировать большие ансамбли дискретных сигналов с улучшенными свойствами. Усовершенствована методика оценки корреляционных и ансамблевых свойств дискретных сигналов, что позволяет адекватно выбирать параметры формируемых дискретных сигналов и режимы функционирования радиосистем с кодовым разделением каналов.

Разработаны алгоритмы синтеза дискретных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов, которые практически реализуют разработанный метод и позволяют формировать большие ансамбли псевдослучайных последовательностей. Получены оценки корреляционных и ансамблевых свойств формируемых дискретных сигналов. Показано, что предлагаемые конструкции позволяют без ухудшения помехоустойчивости систем радиосвязи существенно повысить абонентскую емкость многостанционного доступа. Разработаны предложения по программно-аппаратной реализации устройств формирования псевдослучайных последовательностей и практические рекомендации по совершенствованию систем радиосвязи с кодовым разделением каналов за счет использования разработанного метода.

Ключевые слова: кодовое разделение каналов, передача дискретных сообщений, алгебраический блочный код.

ABSTRACT

Kachur L.N. Method of large bands of discrete signals synthesis for the increase of subscribers' capacity for the systems of wireless communication with the code division of channels.

The candidate of engineering sciences dissertation on speciality 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. – Ukrainian Railway Transport State Academy, Kharkiv, 2010.

The dissertation is dedicated to the solution of the topical scientific technology problem which means the working out the method of large bands of discrete signals synthesis on the basis of pseudo-casual sequences for the increase of subscribers' capacity for the systems of wireless communication with the code division of channels. The conducted research showed that the perspective tendency is working out the method of synthesis of not binary pseudo-casual sequences based on the generalized interchangeable transformation of elements of code words of not binary abundant codes. The outcome of the investigation of properties of correlation and those of bands of formed sequences this way gives the right to state the considerable improvement of properties of bands of discrete signals being formed while to compare with

properties of correlation. The use of these results will allow to raise subscribers' capacity for the systems of wireless communication with the code division of channels to the essential level and therefore, to solve the scientific problem. The method of synthesis of discrete signals for the systems of wireless communication with the code division of channels being developed further, allows to make subscribers' capacity of many-stations access higher without worsening of antijamming of wireless communication systems.

Keywords: code division of channels, the communication of discrete messages, algebraic block code.

**МЕТОД СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
АБОНЕНТСЬКОЇ ЄМНОСТІ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З КОДОВИМ
РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

В.М. Головка

Підписано до друку 16.11.2010 р.
Формат 60x84 1/16 Друк. різнограф.
Папір офсетний. Обсяг 0,9 друк. арк. Наклад 100 прим.
Зам. № 537. Безкоштовно.

Видавництво УкрДАЗТ.
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7
Друкарня УкрДАЗТу, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7
