

УДК 621.342

М.Ф. Линнік, С.Г. Рассомахін, І.В. Злидень

## МЕТОДИ КОДУВАННЯ ДВІЙКОВИХ ДАНИХ СИГНАЛАМИ ВІДСІЧЕНИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ ФАЗО-ЧАСТОТНИХ МОДУЛЬОВАНИХ АНСАМБЛІВ

*Запропоновано методи кодування двійкових даних сигналами відсічених паралельних фазово-частотних модульованих ансамблів з довільною потужністю.*

### Вступ

Підвищення ефективності систем передачі даних АСУ військами було і залишається одним з основних завдань, яке вирішується Збройними Силами України при проектуванні й експлуатації систем зв'язку і передачі інформації. У теперішній час практично весь придатний для радіозв'язку діапазон частот "перекритий", а деякі смуги цього діапазону істотно перевантажені [1, 2]. Звідси випливає, що підвищення ефективності використання частотно-енергетичного ресурсу каналів зв'язку доцільно проводити на основі розробки і застосування методів формування сигнально-кодових конструкцій, що знижують питомі витрати на передачу інформації [3, 4].

### Аналіз попередніх досліджень і постановка задачі

У [5, 6] для вирішення завдання підвищення частотно-енергетичної ефективності використання каналів зв'язку запропоноване застосування відсічених ансамблів паралельних фазо-частотно модульованих (ПФЧМ) сигналів вигляду  $Lf-M\varphi$ , де  $L = 2^\alpha$  ( $\alpha = 1, 2, 3, \dots$ ) – кількість піднесучих частотних компонентів  $f$ , кожна з яких має  $M = 2^\beta$  ( $\beta = 1, 2, \dots$ ) варіантів модуляції за фазо  $\varphi$ . Одержання відсічених ансамблів ПФЧМ сигналів з мінімальними питомими частотними витратами на передачу інформації зроблено без введення обмежень на припустимі значення потужності ансамблів. Наслідком цього є розбіжність знайдених оптимальних значень кількості сигналів в ансамблях з величинами, кратними степеню числа «2». Це може викликати певні складності при використанні відсічених ансамблів для передачі потоків даних, представлених у двійковій формі.

**Мета статті** – розробка методів адаптації відсічених ансамблів складних сигналів з довільною потужністю до передачі потоків інформації, представлених у двійковій формі.

### Основна частина

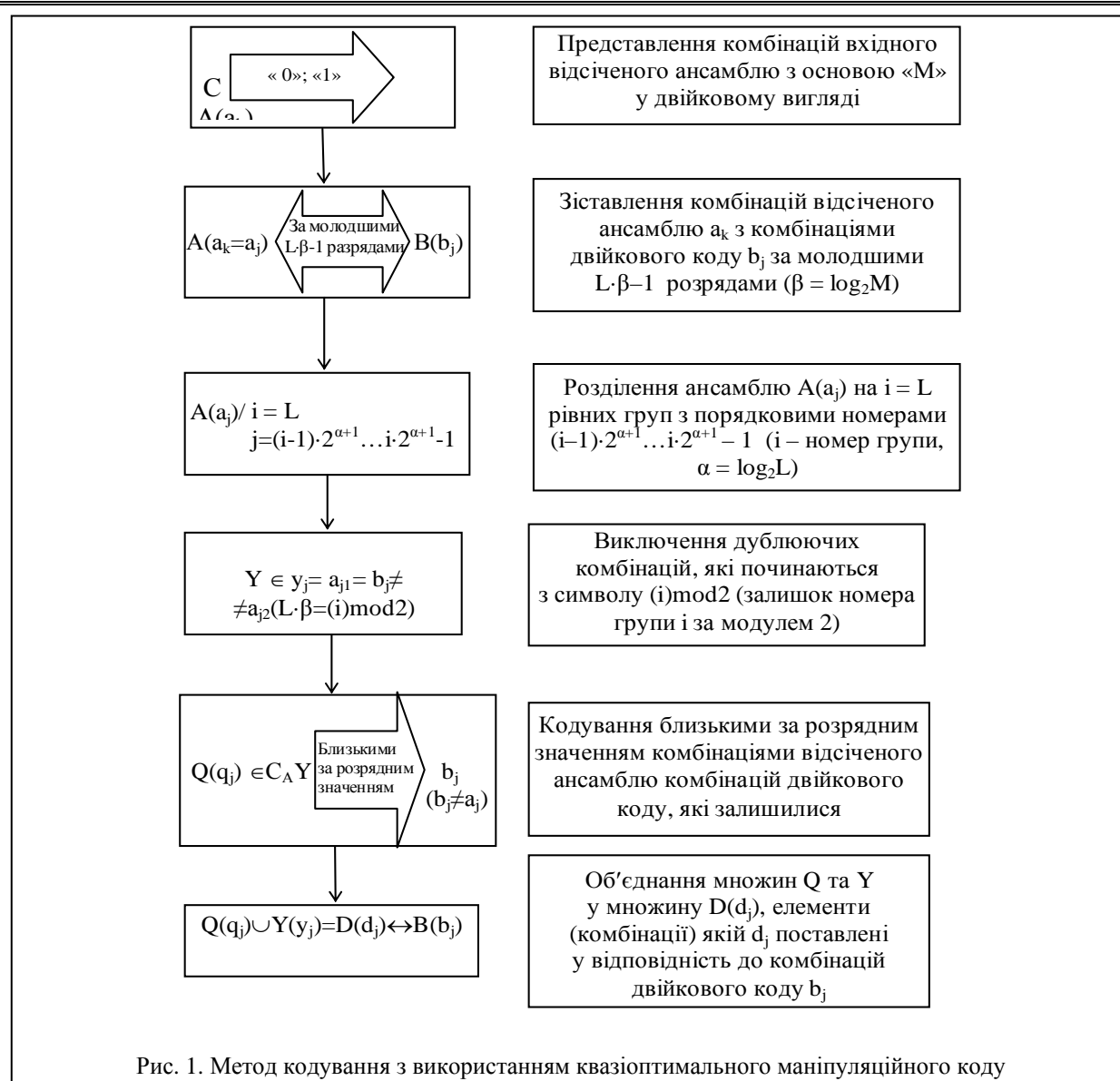
Для досягнення зазначеної мети нижче пропонуються три можливих методи кодування двійкових

потоків даних за допомогою сигналів відсічених ансамблів. При цьому склад зрізаних ансамблів піддається додатковій корекції, що, практично, не знижуючи показники ефективності, робить ансамблі придатними для кодування потоків даних у двійковій формі.

Метод простого кодування з додатковим відсіченням ансамблю ПФЧМ сигналів. Найбільш простим способом узгодження величини потужності відсіченого ансамблю  $m_{\text{від}}$  з вимогами передачі двійкових даних є проведення додаткового виключення деяких сигналів зі списку дозволених до використання. При цьому кількість сигналів, що залишилася, в ансамблі повинне збігатися з числом  $2^k$ :  $m = 2^k = m_{\text{від}} - z$ , де  $z$  – кількість додатково виключених сигналів зі списку дозволених до використання,  $k = 0, 1, 2, \dots$

Метод кодування двійкових блоків сигналами відсічених ансамблів із застосуванням квазіоптимального маніпуляційного коду. У розробленому вище найпростішому варіанті кодування кодова відстань між комбінаціями двійкових блоків не зв'язується з відповідною відстанню між сигналами відсіченого ансамблю, обчисленою у просторі Гілберта. Це може приводити до того, що при трансформації переданого сигналу під впливом завад у найближчий (за відстанню Гілберта) до нього сигнал, у відповідному двійковому блоці спотвориться не один, а декілька двійкових розрядів. Хоча відомо [7], що оптимальний маніпуляційний код існує тільки для двійкових блоків довжиною  $n \leq 3$  символів (код Грея), все-таки доцільно комбінації відсіченого ансамблю ПФЧМ сигналів розташувати так, щоб відстань між ними (у метриці простору Гілберта) була, по можливості, пропорційна кодовій відстані між відповідними блоками двійкового коду. При такому способі каналного кодування можна розраховувати на одержання квазіоптимального маніпуляційного коду (рис. 1).

Метод кодування, що забезпечує мінімальну кодову відстань  $d_{\text{мін}} = 2$ . Розглянуті вище варіанти частотно-ефективного кодування двійкових блоків сигналами відсіченого ансамблю вигляду  $Lf-M\varphi$  не здат-



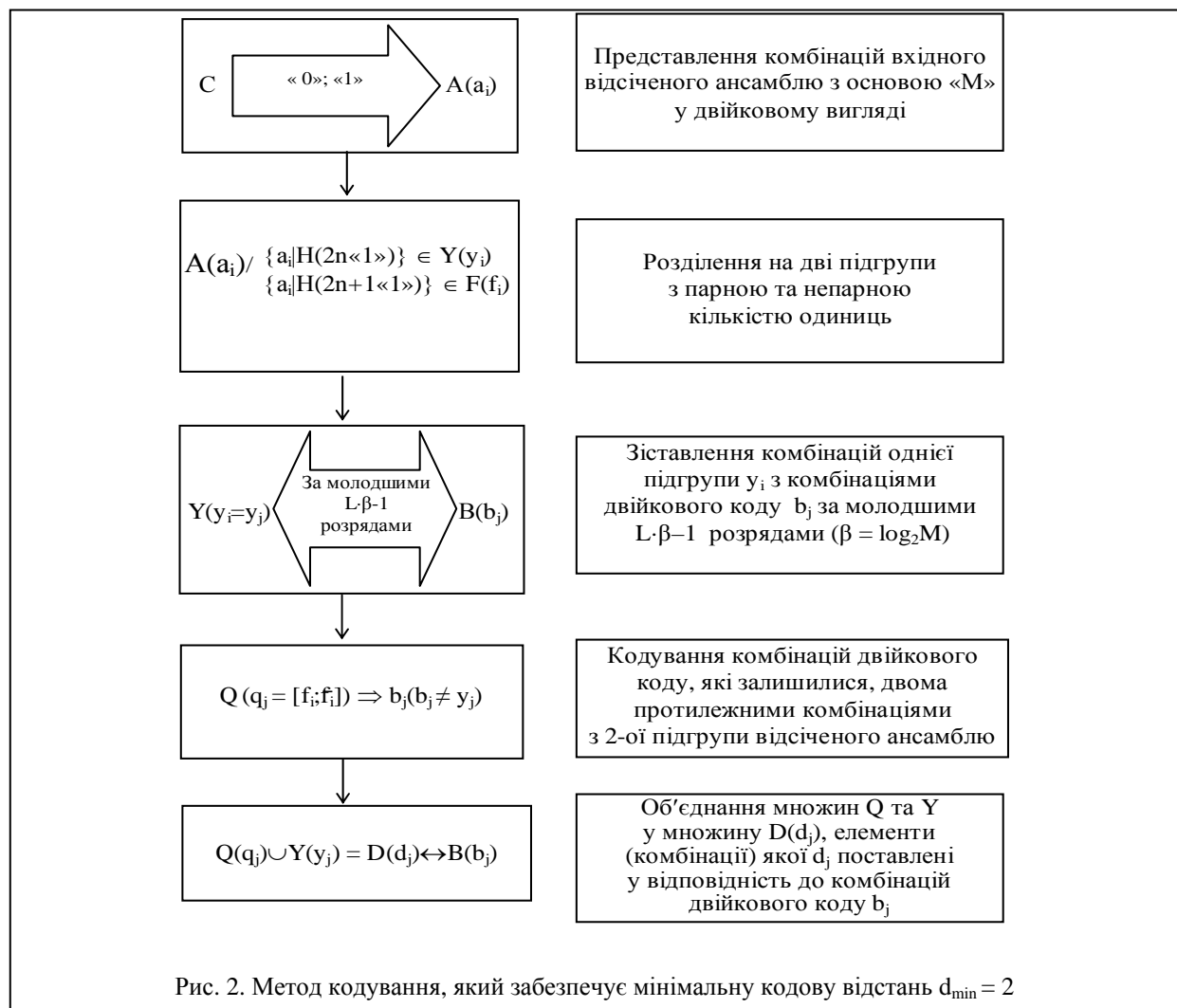
ні забезпечити величину мінімальної кодової відстані більше 1. Тому доцільно запропонувати ще один можливий метод, що дозволяє при збереженні низьких питомих частотних витрат на передачу інформації збільшити параметр  $d_{\min}$  до значення 2 шляхом використання кодових слів різної довжини. На рис. 2 представлений метод кодування двійкових блоків сигналами відсіченого ансамблю вигляду  $Lf-M\phi$ , що забезпечує мінімальну кодову відстань  $d_{\min} = 2$ .

Розглянемо пропонуємий метод на прикладі відсіченого ансамблю вигляду  $4f-4\phi$ . У [6] визначено, що вихідний відсічений ансамбль за частотною ефективністю з потужністю  $m = 196$  може бути розділений на дві підгрупи, що містять  $m_{1\text{від}} = 112$  і  $m_{2\text{від}} = 84$  дозволених сигналів з мінімальною кодовою відстанню  $d_{\min} = 2$  усередині кожної підгрупи. Узявши за основу першу підгрупу, зіставляємо її сигнали за молодшими сімома розря-

дами комбінацій двійкового ансамблю з  $m_{\text{дв}} = 128$  ( $10000110$  (2012)  $\leftrightarrow$   $00000110$ ). 16 комбінацій двійкового коду, що залишилися, кодуємо двома протилежними комбінаціями з другої підгрупи ( $0012, 3321 \leftrightarrow 0000001$ ). При кодуванні враховується, що перша в списку групи комбінація ансамблю протилежна останній, друга – передостанній і т.д. У результаті проведених дій одержуємо повний набір ПФЧМ сигналів ( $m = 128$ ) для кодування 7-розрядних двійкових блоків.

### Висновки

1. Запропоновані методи кодування дозволяють відсіченим ансамблям ПФЧМ сигналів адаптуватися до передачі даних, представлених у системах числення з двійковою основою, що дає можливість більш широкого застосування частотно й енергетично ефективних відсічених ансамблів ПФЧМ сигналів.



2. Методи простого кодування з додатковим відсіканням ансамблю і кодування з використанням квазіоптимального маніпуляційного коду є більш простими в реалізації в порівнянні з методом кодування, що забезпечує мінімальну кодову відстань  $d_{\min} = 2$ , однак поступаються за показниками питомих енергетичних витрат на передачу інформації при заданій ймовірності.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарев В., Трестер Г., Чернеча В. Цифровая обработка сигналов – методы и средства. – 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
2. Рихтер С.Г. Цифровое радиовещание. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2004. – 352 с.
3. Ирвин Дж., Харль Д. Передача данных в сетях: инженерный подход. – С.-Пб.: «БХВ-Петербург», 2003. – 405 с.
4. Скляр Бернард Цифровая связь. Теоретические

основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.

5. Линник Н.Ф., Рассомахин С.Г., Злыденъ И.В. Алгоритм построения ансамблей параллельных фазово-частотных модулированных (ПФЧМ) сигналов с улучшенными частотными характеристиками // Збірник наукових праць ІПМЕ. – К.: ІПМЕ, 2003. – Вип. 22. – С. 100 – 103.

6. Линник Н.Ф., Рассомахин С.Г., Воронов Д.Н. Метод повышения энергетической эффективности систем передачи информации при использовании усеченных ансамблей параллельных фазо-частотно-модулированных сигналов // Моделирование та інформаційні технології: Зб. наук. пр. – К.: ІПМЕ, 2004. – Вип. 26. – С. 123 – 126.

7. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов и др. / Под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.

Надійшла 08.02.2006

Рецензент: д-р техн. наук професор старший науковий співробітник В.І. Антюфєєв, Об'єднаний науково-дослідний інститут ЗС України, Харків.