

## АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОДІВ КАСАМІ

Мрачковський О. Д., к.т.н., доц.; Шмаков О. М.,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

На даний момент складні (широкосмугові) сигнали широко застосовуються в системах локації завдяки можливості підвищення співвідношення сигнал-завада та роздільної здатності по дальності при використанні оптимальної обробки відбитого сигналу. Однак, використання цього типу сигналів дозволяє також і кодове розділення каналів, яке робить можливим роботу одного високочастотного тракту локаційної станції з декількома сигналами. Наприклад, шляхом модуляції серії зондуючих імпульсів таким чином, що кожний наступний імпульс кодується іншою послідовністю з ансамблю, можливе підвищення максимального часу розрізнення відбитих сигналів від різних серій при збереженні сумарної частоти повторення імпульсів. З огляду на це, важливою характеристикою послідовності стає розмір ансамблю.

Поширені у якості кодуєчих М-послідовності (послідовності максимальної довжини) характеризуються простотою генерації та малою амплітудою бокових пелюсток автокореляційних функцій, а також малим розміром ансамблю: наприклад, існує шість 63-символьних послідовностей, ві-

сімнадцять 127-символьних. Доцільним є використання похідних від М-послідовностей, зокрема використовуваних для кодового розділення комунікаційних каналів. Одним з таких послідовностей є коди Касамі.

Малий ансамбль послідовностей Касамі формується шляхом сумування за модулем 2 (операція «виключне АБО») елементів довгої та циклічно зсунутої короткої М-послідовностей. При цьому, якісні кореляційні характеристики мають ті пари М-послідовностей, для яких породжуючий поліном короткої послідовності має корені, рівні  $2^i(2^l+1)$ -тому елементу поля  $GF(2^{2l})$ , побудованого для породжуючого поліному довгої М-послідовності довжиною  $2l$ , де  $i=0..l-1$ . Ансамбль кодів для даних поліномів містить  $2^l-1$  отриманих таким чином послідовностей довжиною  $2^{2l}-1$  з

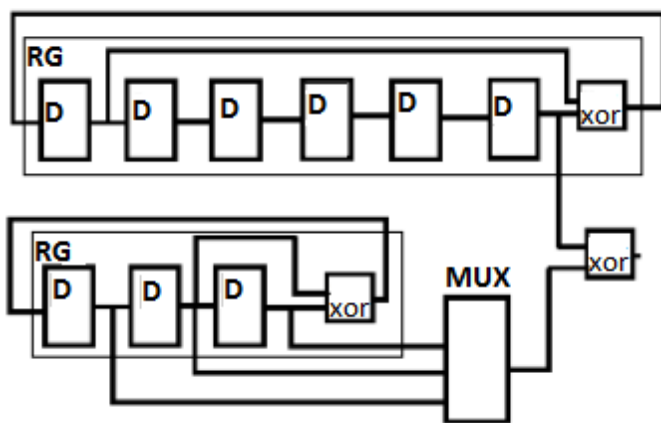


Рисунок 1. Схема генерації послідовності Касамі з малого ансамблю, що складається з двох регістрів зсуву **RG** зі зворотніми зв'язками, виходи яких підключені до суматора за модулем 2 **xor** з використанням мультиплексу вибору коду **MUX**.

ційні характеристики мають ті пари М-послідовностей, для яких породжуючий поліном короткої послідовності має корені, рівні  $2^i(2^l+1)$ -тому елементу поля  $GF(2^{2l})$ , побудованого для породжуючого поліному довгої М-послідовності довжиною  $2l$ , де  $i=0..l-1$ . Ансамбль кодів для даних поліномів містить  $2^l-1$  отриманих таким чином послідовностей довжиною  $2^{2l}-1$  з

різними значеннями зсуву короткої послідовності, довгу М-послідовність довжиною  $2^{2l}-1$ , та циклічно повторену коротку М-послідовність тієї ж довжини; усього  $2^l+1$  послідовність. Приклад генератору кодів Касамі показаний на рис. 1 [1].

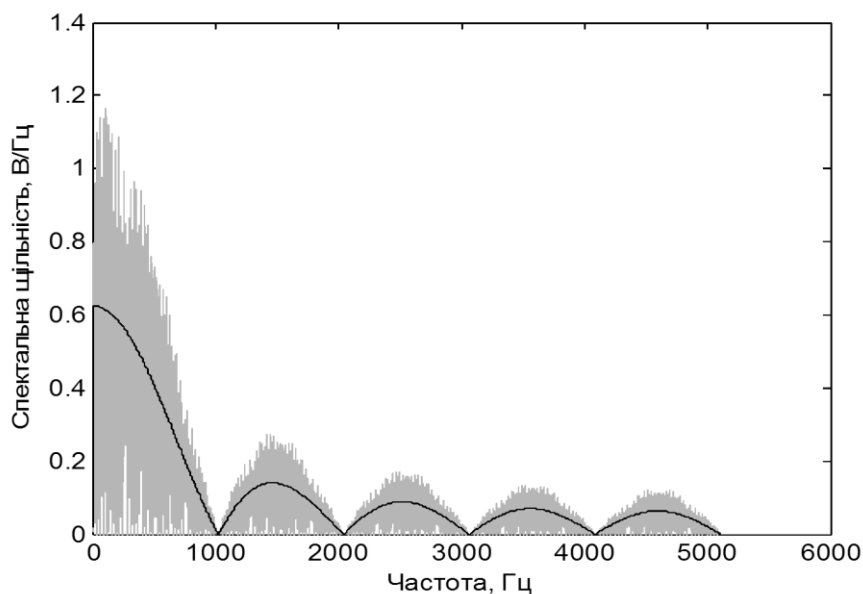


Рисунок 2. АЧС послідовності Касамі позначено сірим, М-послідовності — чорним

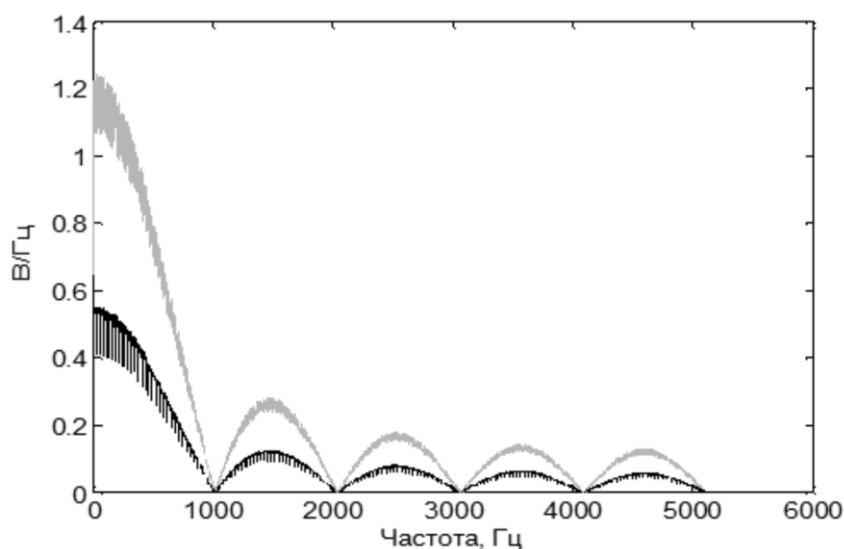


Рисунок 3. АЧС ансамблю послідовностей: максимальне значення позначено сірим, середнє значення позначено чорним

При необхідності, послідовності Касамі доцільно використовувати у системах, побудованих для використання з М-послідовностями; проте, для використання ВЧ трактів цих систем необхідно знати відмінності між спектральними характеристиками послідовностей Касамі та М-послідовностей. З урахуванням використання сімейства кодів, аналіз однієї послідовності недостатній, необхідними є узагальнені характеристики для ансамблю.

В програмі *MATLAB* були проведені розрахунки амплітудно-частотних спектрів для коду Касамі та М-послідовності довжиною 1023 символи (див. рис. 2). Для ансамблю з 32 кодів Касамі довжиною 1023 символи розраховане середнє значення амплітудно-частотного спектру по ансамблю, а також залежність від частоти максимального значення спектральної щільності по ансамблю (див. рис. 3). Виміряні основні параметри спектральних характеристик зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Параметр	Код Касамі	М-послідовність
Тривалість послідовності, с	1	1
Перший нуль АЧС, Гц	1023	1023
Максимум головної пелюстки АЧС, В/Гц	1,12	0,63
Максимум першої бокової пелюстки АЧС, В/Гц	0,27	0,14
Середнє значення АЧС, період провалів, Гц	31	-
Середнє значення, рівень головної пелюстки, АЧС, В/Гц	0,55	-
Середнє значення, рівень бічної пелюстки, АЧС, В/Гц	0,12	-
Максимум АЧС, рівень головної пелюстки, В/Гц	1,24	-
Максимум АЧС, рівень бічної пелюстки, В/Гц	0,28	-

Як можна побачити, ширина головних пелюсток АЧС за першим нулем однакова для обох послідовностей. З рис. 2 видно, що амплітуда окремих викидів АЧС коду Касамі перевищує амплітуду АЧС М-послідовності; проте, з рис. 3 видно, що усереднений АЧС цього коду має амплітуду головної пелюстки меншу, а бокових пелюсток — не більше, ніж у М-послідовності. Отже, використання кодів Касамі можливе у ВЧ трактах систем, призначених для використання М-кодів, без зміни їх частотних характеристик.

#### Перелік посилань

1. Исследование свойств, способов формирования и обработки последовательностей Голда в системах подвижной связи / Сост. И.И. Астровский, П.М. Буй — 2006. — Режим доступу: [http://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/771/1/Исследов\\_свойств\\_способов\\_формирования\\_Метод\\_указ\\_.pdf](http://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/771/1/Исследов_свойств_способов_формирования_Метод_указ_.pdf) — Назва з екрана.

#### Анотація

Розглянуто спектральні характеристики послідовності Касамі порівняно з М-послідовністю.

Ключові слова: послідовності Касамі, радіолокація, частотні характеристики.

#### Аннотация

Рассмотрены спектральные характеристики последовательности Касами сравнительно с М-последовательностью.

Ключевые слова: последовательности Касами, радиолокация, частотные характеристики.

#### Abstract

Frequency characteristics of Kasami sequences compared with the M-sequence are shown.

Keywords: Kasami sequences, radiolocation, frequency characteristics .