

ВИДІЛЕННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ ІЗ АДИТИВНОЇ СУМІШІ СКЛАДНОГО СИГНАЛУ ТА ІМПУЛЬСНИХ ЗАВАД

В. А. Кирилук^{1, а}, С. М. Куш¹

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

Анотація

У роботі розглянуто виділення корисного сигналу з адитивної суміші складних сигналів, сформованих на основі функцій Уолша в упорядкуванні Адамара п'ятої діади, та структурованих імпульсних завад. Розглянуто автокореляційний метод виділення корисного сигналу, представленого у базисі функцій Уолша, при різних ансамблях навмисних структурованих імпульсних завад великої амплітуди, що синхронізовані з корисним сигналом.

Ключові слова: складні сигнали, функції Уолша, імпульсні завади, автокореляційний прийом

Вступ

В умовах активної радіоелектронної боротьби сторін, одним з основних завдань є забезпечення стійкого функціонування власних засобів та систем при використанні противником комплексів радіоелектронного подавлення [1]. Для забезпечення енергетичної, структурної та інформаційної скритності передаваної інформації використовують складні широкосмугові (шумоподібні) сигнали (ШС), що обумовлено їх високою завадозахищеністю. У випадку коли тривалість завади $\tau_z \gg \tau_{ch}$, де τ_{ch} тривалість чіпу (елементарного сигналу ШС), ефективне видалення імпульсної завади може бути проведено різними методами. Наприклад, використовуючи режекцію спектру завади. Виділення сигналу при постановці противником активних широкосмугових завад, особливо структурованих та синхронізованих з сигналом, є більш складною задачею і може приводити до суттєвого збільшення помилок першого роду, так як завадостійкість ШС, залежить від амплітуди, тривалості, полярності, кількості завад та їх синхронізації з чіпами складного сигналу.

1. Постановка задачі

Для виявлення переданого сигналу M із ансамбля N ШС при наявності адитивних завад різного виду використовуються різні методи: ортогональний та кореляційний прийом, метод оптимальної фільтрації, узагальнений спектральний аналіз, методи на основі використання нейронних мереж Хопфілда та зустрічного розповсюдження, розклад у ряд адитивної суміші ШС та завади у базисі функцій Хаара і обробку результатів, обмежуючи кількість членів ряду [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Для оцінки впливу структурованих імпульсних завад різної амплітуди та полярності на виявлення корисного ШС, у загально-

му випадку синхронізованих та несинхронізованих завад у роботі використаний кореляційний метод. Це обумовлено тим, що на виході корелятора ми одержимо підсилення ШС пропорційне базі сигналу B [8]. Розглянемо ансамбль каналних кодів, сформованих на базі функцій Уолша п'ятої діади в упорядкуванні Адамара (ФА) з базою $B=32$. Приймемо, що всі коди детерміновані і на приймальній стороні необхідно встановити, який код був переданий, при дії декількох імпульсних завад різної амплітуди та полярності. Адитивну суміш ФА та завад представимо як: $V(x) = \text{had}(m, x) + F(x)$, де $F(x)$ – матмодель сформованої сукупності імпульсних завад. Рішення про передану ФА, сигналу M із ансамбля N , приймається по максимальному значенню $B_{uv}(0)$, де взаємо кореляційна функція (ВКФ) двох сигналів, що у загальному випадку, розраховується за стандартною формулою: $B_{uv}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} U(x) \cdot V(x - \tau) dx$, де $U(x) = \text{had}(h, x)$, а τ характеризує зсув сигналу відносно начального положення. Для виявлення залежності тільки від структури складної різнополярної імпульсної завади з амплітудою значно більшою ніж амплітуда чіпів сигналу проведено двостороннє обмеження адитивної суміші складного сигналу та імпульсних завад $V(x) = \text{had}(m, x) + F(x)$. Розглянуто найскладніший випадок виявлення сигналу $U1(x)$ коли імпульси завади синхронізовані з чіпами сигналу, а $\tau_z = \tau_{ch}$.

2. Результати роботи

Розглянемо випадок, коли у якості корисного сигналу вибрано ФА – $\text{had}(29, x)$, а ансамбль імпульсних завад представлений функцією $F1(x)$. ФА $\text{had}(h, x)$ формуємо використовуючи функції Радемахера ($\text{rad}(n, x)$) за стандартною процедурою. Переводимо номер ФА у двійкову форму. Використовуємо прямий код Грея (КГ) [9]. Ненульові елементи КГ

^аkuruval1999@gmail.com

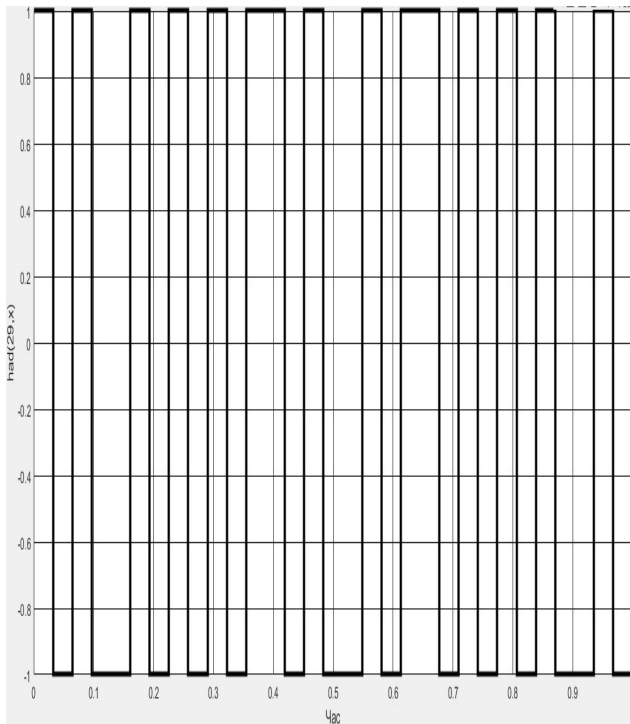


Рис. 1. Вид ФА $U1(x) = \text{had}(29, x)$.

двійкового представлення номера ФА показують не нульову степінь функції Радемахера відповідного порядку. Наприклад, для неперервної ФА за номером двадцять дев'ять – $U1(x) = \text{had}(29, x)$ одержимо:

$$29 \rightarrow 11101 \rightarrow \text{КГ} \rightarrow 10011 \rightarrow$$

$$\text{rad}^1(5, x) * \text{rad}^1(2, x) * \text{rad}^1(1, x) \rightarrow \text{had}(29, x),$$

$$F1(x) = \Phi1(x) + \Phi2(x),$$

де $\Phi1(x) = 2 \cdot \Phi(x - k) - 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 2) + 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 3) - 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 5)$, $\Phi2(x) = 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 6) - 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 7) + 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 9) - 4 \cdot \Phi(x - k \cdot 10)$, $k = 0.0625$. Залежності $U1(x)$ та $F1(x)$ представлено на Рис.1 та Рис. 2 відповідно. Після двостороннього обмеження сигналу $V(x) = \text{had}(m, x) + F(x)$ на рівні амплітуди $U1(x)$ одержимо сигнал $V1(x)$ представлений на Рис. 3. Так як для прийняття рішення про переданий сигнал нам необхідне тільки значення $B_{uv}(0)$, то враховуючи прийняті параметри сигналу $U1(x)$ та завади $F1(x)$ доцільно перейти до розрахунку ВКФ дискретних сигналів у програмному забезпеченні Matlab. Додатково перевагою Matlab є те, що в ньому є вбудовані функції Уолша в упорядкуванні Адамара. Необхідно враховувати, що номери дискретних ФА $\text{had}(H, x)$ відрізняються від номерів неперервних ФА на одиницю – $H = h + 1$. Результати розрахунків значень $B_{uv}(0)$ для всіх ФА п'ятої діади приведені на Рис.4. Як можна зробити висновок з аналізу результатів, представлених на Рис.4 значення ВКФ для переданого сигналу $U1(x) = \text{had}(29, x) = \text{Had}(30, x)$ значно більше ніж $B_{uv}(0)$ для ФА з найближчим додатним значенням.

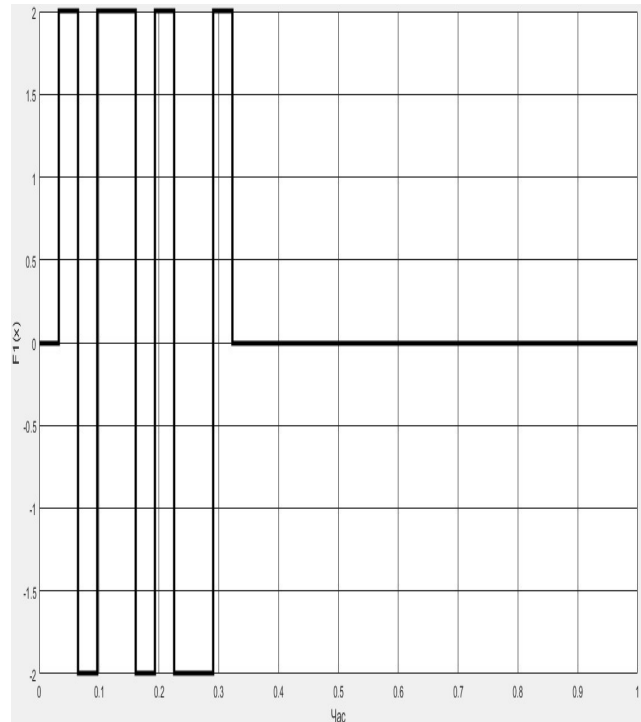


Рис. 2. Представлення сукупності імпульсних завад $F1(x)$.

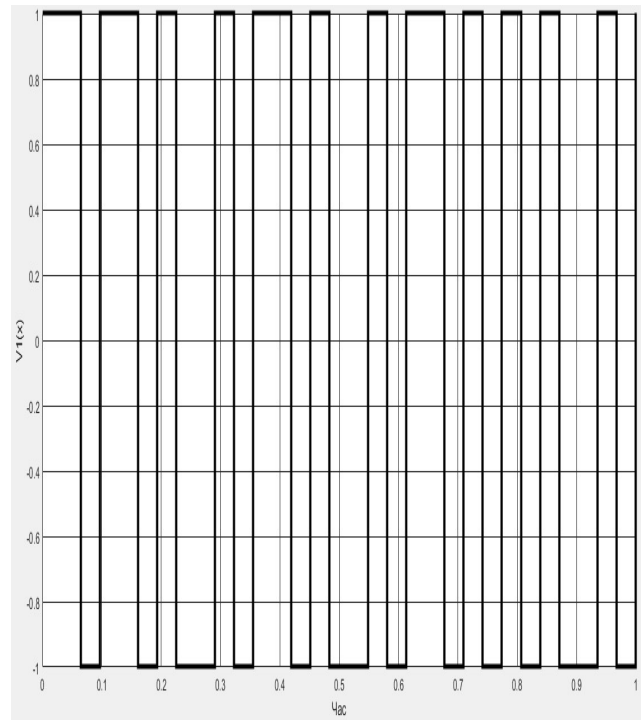


Рис. 3. Вид сигналу $V1(x)$

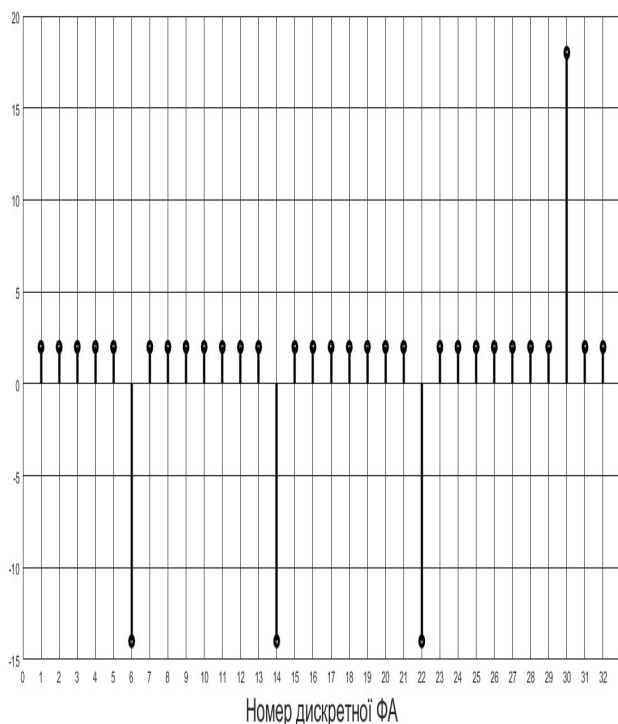


Рис. 4. Значення $B_{uv}(0)$ для всіх ФА п'ятої діоди ($\text{had}(1, x) - \text{had}(32, x)$)

Висновки

Провівши дослідження для всього ансамблю функцій Уолша в упорядкуванні Адамара п'ятої діоди було визначено, що для розглянутого випадку, на точність виявлення корисного сигналу впливають тільки синхронізовані імпульсні завади, полярність яких протилежна полярності чіпів ФУ. Використовуючи даний метод обробки сигналів, виділення корисного сигналу можливе для ФУ четвертої [10] та п'ятої діоди, якщо кількість синхронізованих імпульсних завад, полярність яких протилежна полярності чіпів ФУ не перевищує 20 відсотків загальної кількості імпульсів корисного сигналу.

Перелік використаних джерел

1. Контррадіоелектронна боротьба як складова частина радіоелектронної боротьби в збройних силах України. / Семененко О.М., Бойко Р.В., Добровольський Ю.Б., Іванов В.Л. і Кремишній О.І. // Системи озброєння і військова техніка, № 2(46). — 2016.

2. А. Галкин В. Цифровая мобильная радиосвязь. Учебное пособие для вузов. — М. : Горячая линия -Телеком, 2007. — С. 432 с.
3. В. Ипатов. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. — М. : Техносфера, 2007. — С. 488 с.
4. Урядников Ю. Ф., Аджемов С. С. Сверхширокополосная связь. Теория и применение. — К. : СЛОН-ПРЕСС, 2007. — С. 488 с.
5. Бука М. А., Куц С. М. Видалення сигналів з адитивної суміші сигналу та адитивного білого гаусовського шуму нейронною мережею Хопфілда // XII всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики.К. — 2014.
6. Богущкий А.М.and Куц С.М. Обробка адитивної суміші функцій Уолша шостої діоди та білого гаусівського шуму нейронною мережею зустрічного розповсюдження. // XII всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики.К. — 2014.
7. Широкополосные сигналы и системы. — Учебные материалы ОКСО 210000. Электронная техника, радиотехника и связь. Лекции для преподавателей и студентов ВУЗ. — Режим доступа: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/shirokopolosnye-signal-y-i-sistemy>.
8. Е. Варакин Л. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М. : Радио и связь, 1985. — С. 384 с.
9. Бабак В.П., Белецкий А.Я., Гуржий А.Н. Сигналы и спектры. — Уч. пособие. Киев. НАУ., 2005. — С. 518 с.
10. Кирилук В. А.and Куц С.М. Обробка адитивної суміші складного сигналу та імпульсних завад. // XVIII всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики. — 2020.