

WYŻSZA
SZKOŁA HANDLOWA
W RADOMIU



RADOM
ACADEMY
OF ECONOMICS

International research
and practice conference

MODERN METHODS,
INNOVATIONS,
AND EXPERIENCE
OF PRACTICAL
APPLICATION IN THE FIELD
OF TECHNICAL SCIENCES

Radom, Republic of Poland
December 27-28, 2017

**WYŻSZA SZKOŁA HANDLOWA
W RADOMIU**



**RADOM
ACADEMY OF ECONOMICS**

Radom Academy of Economics

**MODERN METHODS, INNOVATIONS,
AND EXPERIENCE OF PRACTICAL APPLICATION
IN THE FIELD OF TECHNICAL SCIENCES**

December 27–28, 2017

**Radom, Republic of Poland
2017**

INFORMATICS AND CYBERNETICS

| | |
|---|----|
| Застосування промислових повідомлень для моніторингу вмісту контейнеру | 9 |
| Борис В. А., Притягін Д. О. | |
| Побудування 3D моделей засобами 3DMAX | 13 |
| Борис І. І., Симоназ Д. В. | |
| Інформаційна система управління міським транспортом | 15 |
| Задорожний А. О., Богдан І. В. | |
| Застосування інтервальних чисел, заданих в системі «Центр-радіус» для розрахунків в умовах неповної інформації | 19 |
| Кобасюк О. А. | |
| Задачі проблем управління інформаційною безпекою в Україні | 23 |
| Неструченко В. С. | |
| Метод розрахунку оптимальності витрат на інформаційну та кібербезпеку | 26 |
| Рищуков М. Г. | |
| Застосування дерев атак для оцінки ймовірності зламу систем управління контентом | 30 |
| Ткачук А. Г. | |
| На approach to the Internet of things simulation on a basis of discrete event system specification | 32 |
| Шевчук V. V., Тименко A. V. | |

ELECTRONICS, RADIO ENGINEERING AND COMMUNICATION

| | |
|---|----|
| Modelling the processes of maintenance and repair of complex equipment objects | 35 |
| Ленков Е. С., Проценко Ю. Н., Бондаренко Т. В. | |
| Завади в системах широкосмугового доступу G. fast при роботі кабелями типу ТПП | 39 |
| Сретенів В. І., Єгупова О. П. | |
| Дослідження спектрів складових складних дискретних функціопульсуваних сигналів завадозахищених радіосистем | 43 |
| Сорока С. О. | |

5. Орєшков В.І. Оцінка ефективності застосування системи «векторинг» на вітчизняних телефонних багатопарних кабелях / В.І. Орєшков // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 90-98.

6. ITU-T. Recommendation G.993.5: Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers. [Text]. – Appr. 2010, April. – Geneva, 2010. – 80 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ СКЛАДОВИХ СКЛАДНИХ ДИСКРЕТНИХ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ ЗАВАДОЗАХИЩЕНИХ РАДІОСИСТЕМ

Серих С. О.
*кандидат технічних наук,
 доцент кафедри комп'ютерних наук
 Державний університет телекомунікацій
 м. Київ, Україна*

В завадозахищених радіосистемах для забезпечення узгодженої фільтрації сигналів з великими базами пропонується [1, с. 32] раціональний підхід до синтезу пристрій формування і обробки, що ґрунтуються на використанні їх складової структури і відповідно складових складних дискретних фазоманіпульованих сигналів (ДФМС), як найбільш завадостійких. Сам складовий сигнал формується шляхом фазової маніпуляції несучого коливання бінарною послідовністю, що утворена логічним кодуванням або перемноженням двох вихідних кодів, які можна умовно поділити на модулюючу S_m і несучу S_n послідовності (МП і НП відповідно). Смуга частот, що займає такий сигнал, пропорційна $\sim 1/\tau_n$, де $\tau_n = \tau_e$ – тривалість елементарного імпульсу НП, яка модулює елемент МП. Тоді база складового складного ДФМС – B_c такого сигналу [2, с. 49] дорівнює:

$$B_c = T_c \Delta F_c = N_m \tau_m \Delta F_c = \tau_e N_m N_n \Delta F_c = N_m N_n = N_c,$$

де T_c – тривалість інформаційного елементу; ΔF_c – спектр ДФМС; N_m, N_n – число елементарних імпульсів у ПВП, що утворює МП і НП складового сигналу.

Так як енергетичні характеристики радіосистем і структурні параметри складного сигналу (наприклад, B_c) обмежені, то для підвищення завадостійкості останнього доцільно дослідити спектральні можливості складового сигналу, а саме формуючих його МП і НП.

Для визначення енергетичного спектру складового складного ДФМС звертаємося виразами наведеними в [3, с. 296]. Тоді комплексну обвідну складового сигналу можна записати у вигляді:

$$A(t) = \begin{cases} A(t)e^{j\varphi(t)} = \sum_{L=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_n} A \operatorname{rect}[t-(L-1)T_u] \operatorname{rect}[t-(i-1)\tau_e] e^{j\varphi_{L,i}(t)}, & \text{при } 0 \leq t \leq N_e \tau_e, \\ 0, & \text{при } t \geq N_e \tau_e \end{cases}, \quad (1)$$

де: $\operatorname{rect}[t-(i-1)\tau_e] = \begin{cases} 1, & \text{при } (i-1)\tau_e \leq t \leq i\tau_e \\ 0, & \text{при } (i-1)\tau_e > t > i\tau_e \end{cases}$

$\operatorname{rect}[t-(L-1)T_u] = \begin{cases} 1, & \text{при } (L-1)T_u \leq t \leq L T_u \\ 0, & \text{при } (L-1)T_u > t > L T_u \end{cases}$

$\varphi_{L,i} \in [0, \pi]$;

N_e – число елементарних імпульсів у ПВП, що утворює складовий ДФМС;

A – модуль амплітуди ДФМС.

Взявши перетворення Фур'є від виразу (1) на інтервалі часу $t \in [0, T_e]$, знаходимо модуль спектральної щільності обвідної складового ДФМС:

$$|z(\omega)| = \left| A \tau_e \operatorname{Sinc} \frac{\omega \tau_e}{2} \right| \sqrt{ \left(\sum_{L=1}^{N_m} b_L \left[\sum_{i=1}^{N_n} a_i \cos \left[\frac{\omega \tau_e}{2} (2i-1) \right] \right]^2 \cos \left[\frac{\omega T_u}{2} (2L-1) \right] \right)^2 + \left(\sum_{L=1}^{N_m} b_L \left[\sum_{i=1}^{N_n} a_i \sin \left[\frac{\omega \tau_e}{2} (2i-1) \right] \right]^2 \sin \left[\frac{\omega T_u}{2} (2L-1) \right] \right)^2 }, \quad (2)$$

де: $b_L, a_i \in \{1, -1\}$ з послідовностей $(1, 2, \dots, L, \dots, N_m)$ та $(1, 2, \dots, i, \dots, N_n)$, що залежать від структури S_m і S_n відповідно.

Замінюючи квадрати сум додатком можливо записати (2) у наступному вигляді:

$$|z(\omega)| = \left| A \tau_e \operatorname{Sinc} \frac{\omega \tau_e}{2} \right| \sqrt{ \left[\sum_{L=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_n} b_L a_i \cos[i+N_n(L-1)-1] \omega \tau_e \right]^2 + \left[\sum_{L=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_n} b_L a_i \sin[i+N_n(L-1)-1] \omega \tau_e \right]^2 }. \quad (3)$$

Виконавши тригонометричні перетворення, отримуємо вираз спектральної щільності енергії, що визначає спектр складового складного ДФМС:

$$\begin{aligned} G(\omega) = |z(\omega)|^2 = & A^2 \tau_e^2 \operatorname{Sinc}^2 \left(\frac{\omega \tau_e}{2} \right) \left[N_m N_n + 2 N_m \sum_{i=1}^{N_n-1} \cos i \omega \tau_e \sum_{j=1}^{N_n-i} a_j a_{i+j} + \right. \\ & + 2 N_n \sum_{L=1}^{N_m-1} \cos L \omega \tau_e N_n \sum_{D=1}^{N_m-L} b_D b_{L+D} + \\ & \left. + 4 \left(\sum_{i=1}^{N_n-1} \cos i \omega \tau_e \sum_{j=1}^{N_n-i} a_j a_{i+j} \right) \left(\sum_{L=1}^{N_m-1} \cos L \omega \tau_e N_n \sum_{D=1}^{N_m-L} b_D b_{L+D} \right) \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Аналіз (4) свідчить, що на структуру спектру складового складного ДФМС розподіленого в частотно-часовій площині прямокутника з сторонами T_e і обмеженою для розгляду ΔF_c впливають чотири складові. Перша складова не залежить від структури утворюючих їх послідовностей і цілком

значенням B_e складового сигналу ДФМС. Спектральна функція першої складової $G_1(\omega)$ має вигляд:

$$G_1(\omega) = A^2 \tau_e^2 \text{Sinc}^2\left(\frac{\omega \tau_e}{2}\right) N_c = G_e(\omega) N_c = G_e(\omega) B_e, \quad (5)$$

$G_e(\omega)$ – спектральна щільність елементарного імпульсу НП. Внесок N_c в нерівномірність спектру складового сигналу ДФМС зумовлений, тому, що відповідає значенню піку кореляційної функції $G_e(\omega)$ в час T_e . Але за малою тривалістю τ_e і комбінаторикою додаткових складових, визначених кодами формуючих послідовностей в спектрі, він фактично самостійно не визначається і впливає на спектр інших складових, збільшуючи відхилення від рівноточного значення. Внесок інших складових в $G_e(\omega)$, що повністю відсутні в спектру сигналу в частотно-часовій площині складового сигналу $G(\omega)$, вимірюється аперіодичними ФАК і залежить від вибору МП та НП. Максимальні значення додатків разом із значенням N_c підвищують нерівномірність розподілу сигналу та умови для погіршення завадостійкості сигналів, які обумовлені максимальними завад в максимумах їхньої спектральної щільності. Тому структури і видів утворюючих послідовностей додатково можна використовувати для погіршення завадостійкості складних сигналів радіосистем. Цікавим є той факт, що при вирішенні іншої задачі – покращення або спрощення спектру сигналу при багатостанційному доступі за рахунок розподілу послідовностей спектрів в загальній частотно-часовій площині вхідні умови можуть бути протилежні. Тому обидві протилежні за вимогами задачі можуть бути реалізовані одним алгоритмом визначення необхідного ансамблю сигналів. Отримання вибірки сигналів з рівномірними за розподілом в частотно-часовій площині спектрів з загального ансамблю сигналів аперіодично визначає об'єм інших – нерівномірних. Їхнє додаткове при вирішенні інверсної задачі – покращенню розподілу в умовах відсутності завад.

Значення виходів функції кореляції (ФК) складової послідовності, як показано в [2; 3], є добуток викидів ФК моделюючої послідовності на викидів аперіодичної ФАК несучої послідовності. Значення ж виходів ФК складових структур – це добуток відповідних викидів бокових значень за структурами МП і НП. При цьому групування бокових викидів поблизу центрального піку ФК складової послідовності залежить від її амплітуди та розподілу викидів поблизу центрального піку ФК складової послідовності. Число бокових викидів залежить від амплітуди і групування біля піку ФК менше при інших значеннях N_n та N_m , що відповідає періодичності НП. Вона залежить від послідовності другої ступені формування, її B_n та видів послідовності ПВІ. Доцільно припустити, що співвідношення баз складового сигналу на оптимальність в отриманні більшої рівномірності

миттєвого спектру складового сигналу. Крім того на рівномірність супуттєвих впливів впливають період кожної з послідовностей складового сигналу і структура утворюючих їх поліномів [4, с. 58, 59].

Результати розрахунку $G(\omega)$ за (4) використані при побудові обсягів спектрів складових складних ДФМС, за розробленою програмою для ПЕВМ для умов коли $N_n \gg N_m$, $N_n \ll N_m$ і при $N_n \approx N_m$.

За результатами дослідження спектру складового складного ДФМС з різноманітних баз МП та НП, їх співвідношень і структури S_m і S_n можна зробити наступні висновки:

1. Спектр складових ДФМС більш нерівномірний ніж спектр утворюючих їх послідовностей і залежить від структури та виду МП і НП.

2. Характерною особливістю складових послідовностей є поява проміжних викидів $G(\omega)$ на окремих значеннях в частотно-часовій площині, що вказує на значний динамічний діапазон відхилень.

3. Дисперсія викидів пропорційна дисперсії доданків спектрів кодової послідовності НП і МП, що вказує на достатність аналізу останніх для вирішення завдання в отриманні рівномірності загального спектру за аналізом складової структури кодової послідовності ДФМС.

4. При $N_n \approx N_m$ характер спектру змінюється за рахунок щільності проміжних викидів, що пояснюється відмінністю АКФ послідовностей НП і МП. Це суттєво впливає на зменшення рівня дисперсії $G(\omega)$ приблизно на 25-30%, що відповідно позначається на покращенні рівномірності спектру складового ДФМС.

5. Спектр складового сигналу з необхідною точністю апроксимується спектром тієї кодової послідовності, значень баз якої суттєво більше за інші.

Проведені дослідження показали, що використання складової структури сигналів для підвищення їхньої завадостійкості доцільне, але вимоги застосуванні обмеженої частини сигналів із загального ансамблю. Визначення цієї частини, що залежить від спектрів кодових МП і НП, потребує розробки методики вибору з подальшим параметричним синтезом складного ДФМС.

Література:

1. Серых С.О. Проблеми завадостійкості радіоліній з складними сигналами в умовах активних завад // ЗВ'ЯЗОК.—2013.—№ 4. — С. 32-37.
2. Серых С.А. Анализ спектров составных фазоманипулированных сигналов и условия их применения в телекоммуникационных системах / С.А. Серых, В.Р. Соловьев, О.В. Кокотов, П.М. Скачков // ЗВ'ЯЗОК. – 2013. – № 6. – С. 48-51.
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
4. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.