

підвищити ефективність передачі інформації по каналу зв'язку. У випадку коли виявлення розходження квазіоптимального алгоритму не проводиться, фактичне СКВ $\mathcal{E}_\varepsilon(k)$ перевищує розраховане фільтром СКВ у 4-6 разів. При цьому швидкість сходження квазіоптимального фільтру збільшується на порядок.

Література

1. Шпилька А.А., Жук С.Я., Совместное оценивание данных и параметров многолучевого канала связи. Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций (РТ-2009): материалы 5-ой междунар. молодежной науч.-техн. конф./Севастопольский нац. технический ун-т. 20-25 апреля 2009 г. – Севастополь: изд-во "Вебер", 2009.-351с.
2. Жук С.Я. Методы оптимизации дискретных динамических систем со случайной структурой : монография. К.: НГУУ «КПИ», 2008.-232с.
3. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации. М., «Сов. радио», 1974.

*Шпилька О.О., Жук С.Я. Виявлення зміни параметрів багатопроменевого каналу зв'язку. Розроблено спосіб виявлення розходження алгоритму сумісного оцінювання даних і параметрів нестационарного багатопроменевого каналу зв'язку у випадкові моменти часу. Проведено його аналіз шляхом статистичного моделювання на ЕОМ.
Ключові слова: виявлення розходження, багатопроменевий канал, змішаний марківський процес.*

*Шпилька А.А., Жук С.Я. Определение изменения параметров многолучевого канала связи. Разработано способ определения расхождения алгоритма совместного оценивания данных и параметров многолучевого канала связи в случайные моменты времени. Произведено его анализ путем статистического моделирования на ЭОМ.
Ключевые слова: обнаружение расходимости, многолучевой канал, смешанный марковский процесс.*

*Shpylka O., Zhuk S. Parameter's changing definition for multibeam communication link. There have been designed a method for definition of divergence between joint data estimation algorithm and multibeam communication link parameters in casual time moments. Its analysis has been discovered by computer statistical model.
Key words: definition divergence, multibeam link, mixed Markov's process*

УДК 621.396.9

ФУНКЦІЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДИСКРЕТНОГО ДЕСЯТИЕЛЕМЕНТНОГО ЧАСТОТНО-МАНІПУЛЬОВАНОГО СИГНАЛУ

Мрачковський О.Д., Добріков О.В.

Дискретні частотні сигнали (ДЧС) являють собою послідовності елементів (елементарних сигналів), зміщених в часі та по частоті. Властивості ДЧС дозволяють використовувати їх в багатьох радіотехнічних системах. Це пояснюється тим, що по-перше вони дозволяють достатньо просто реалізувати велику базу B сигналу, по-друге вони дозволяють отримати кра-

щупу завадостійкість відносно організованих завад [1].

Існують числові послідовності, що впливають з матриць побудованих на основі теореми Уелча [2]. Використання даного ряду чисел в якості

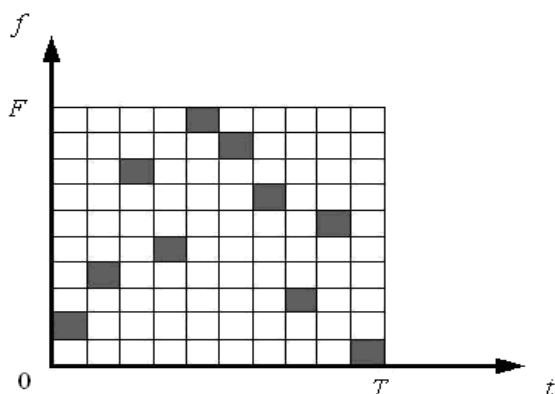


Рис.1. Розподіл енергії послідовності «Уелч-10»

частотних кодуєчих послідовностей для дискретних частотних сигналів може виявитись корисним для зменшення рівня бокових викидів функції невизначеності.

Розглянемо кодуєчу послідовність чисел утворену матрицею «Уелч-10» [2]: { 2, 4, 8, 5, 10, 9, 7, 3, 6, 1 }. Для даної послідовності розподіл енергії на частотно-часовій площині (f, t) показаний на рис.1.

Взаємна функція невизначеності ДЧС першого порядку має вид [1]:

$$R_{jk}(\tau, \Omega) = \sum_{\nu=1}^N \sum_{\mu=1}^N \rho R_Z[\tau - (\nu - \mu)\Delta t, \Omega + (\gamma_{j\nu} - \gamma_{k\mu})\Delta\omega] e^{i\varepsilon_Z(\tau, \Omega)};$$

де $\Delta\omega$ – зсув по частоті між елементами сигналу; Δt – тривалість одного елемента; $\gamma_{j\nu}$ – функція, що визначає закон частотної маніпуляції дискретного частотного сигналу; нормуючий множник $\rho = \sqrt{E_{j\nu} E_{k\mu} / E_j E_\mu}$; в

якому E_j, E_k – енергії j -го та k -го сигналів; $E_{j\nu}, E_{k\mu}$ – енергії ν -го елемента j -го сигналу та μ -го елемента k -го сигналу; індекс $Z = j\nu, k\mu$ – деяка комбінація індексів j, ν, k, μ , причому $\nu, \mu = \overline{1, N}, j, k = \overline{1, J}$, де N – кількість елементів сигналу та кількість часових позицій, а J – об'єм системи сигналів; взаємна функція невизначеності елементів з індексом Z

$$R_Z(\tau, \Omega) = \frac{1}{2\sqrt{E_{j\nu} E_{k\mu}}} \int_{-\infty}^{\infty} U_{j\nu}(t) \dot{U}_{k\mu}(t - \tau) e^{i\Omega t} dt;$$

фазовий множник

$$\varepsilon_Z(\tau, \Omega) = (\gamma_{k\mu} - 1)\Delta\omega\tau + (\nu - 1)\Delta t\Omega - (\nu - \mu)(\gamma_{k\mu} - 1)\Delta\omega\Delta t.$$

В середовищі MATLAB була реалізована програма, що дозволяє реалізувати описану вище функцію невизначеності (ФН) ДЧС, при цьому в якості закону частотної маніпуляції використано кодуєчу числову послідовність утворену матрицею «Уелч-10», де обрана тривалість одного елемента $\Delta t = 0.002$ с, зсув по частоті між елементами сигналу $\Delta\omega = 20\pi$ рад/с. В результаті виконання програми була отримана ФН для послідовності

«Уелч-10», що зображена на рис. 2.

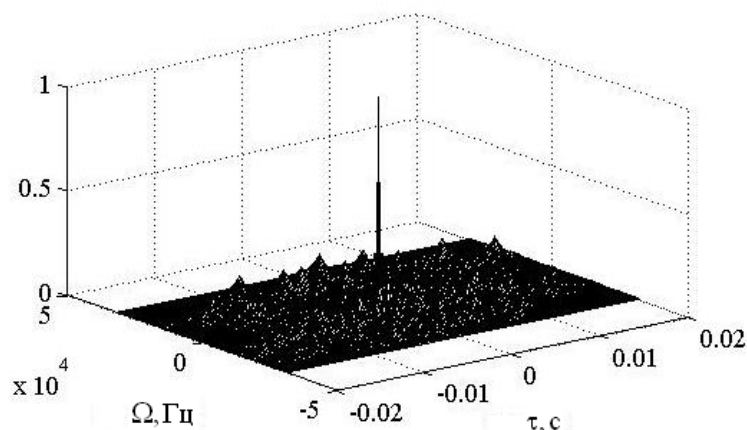


Рис. 2. ФН послідовності «Уелч-10».

Автокореляційна функція (АКФ) сигналу, тобто зріз тіла невизначеності уздовж вісі $\Omega = 0$ показана на рис. 3.

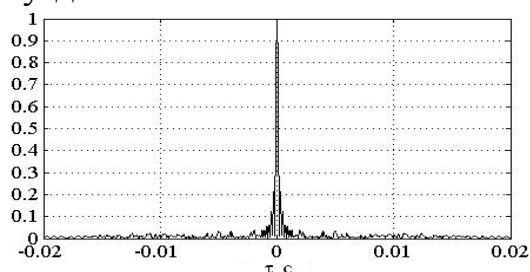


Рис. 3. АКФ сигналу

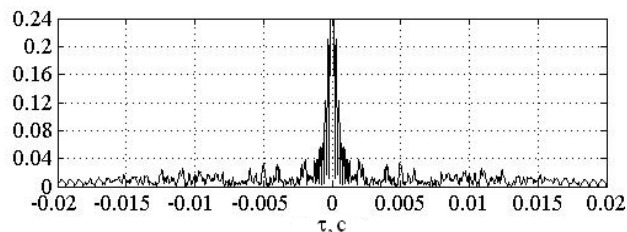


Рис. 4. Рівень бічних викидів АКФ сигналу

Розглянемо рівень бічних викидів АКФ сигналу, зображений на рис. 4

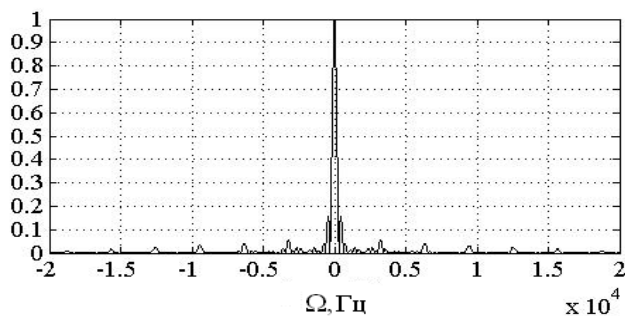


Рис. 5. ЧКФ сигналу.

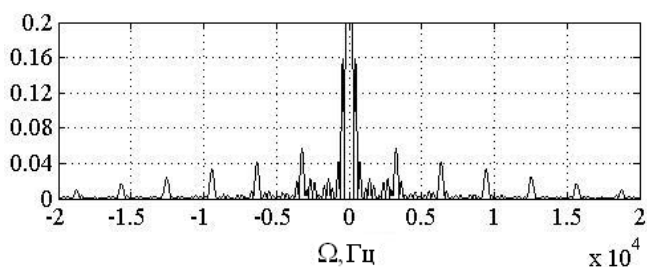


Рис. 6. Рівень бічних викидів ЧКФ сигналу.

зі збільшеним масштабом. Перші бокові викиди знаходяться на рівні -13.5 дБ (0.21), другі на рівні -18.4 дБ (0.12), далі спостерігається поступове зменшення до рівня -28дБ (0.04).

На рис. 5. представлений зріз тіла невизначеності уздовж вісі $\tau = 0$ - частотна кореляційна функція (ЧКФ) сигналу.

Рівень бічних викидів ЧКФ сигналу зображений на рис. 6 зі збільшеним масштабом. Перші бокові викиди знаходяться на рівні 0.16 (-16 дБ), далі спостерігається поступове зменшення рівня. На рис. 7, 8, 9 показані

взаємні кореляційні функції (ВКФ) сигналу на рівнях -1 дБ (0.9), -3дБ (0.707) та -6дБ (0.5). Вони характеризуються збільшенням рівня бічних пелюсток в порівнянні з АКФ сигналу.

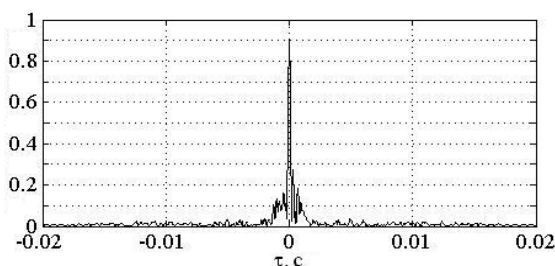


Рис. 7. Переріз ФН при $\Omega = 75$ Гц (ВКФ на рівні 0.9 від максимуму)

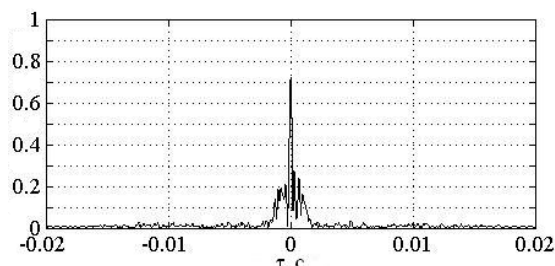


Рис. 8. Переріз ФН при $\Omega = 130$ Гц (ВКФ на рівні 0.707 від максимуму)

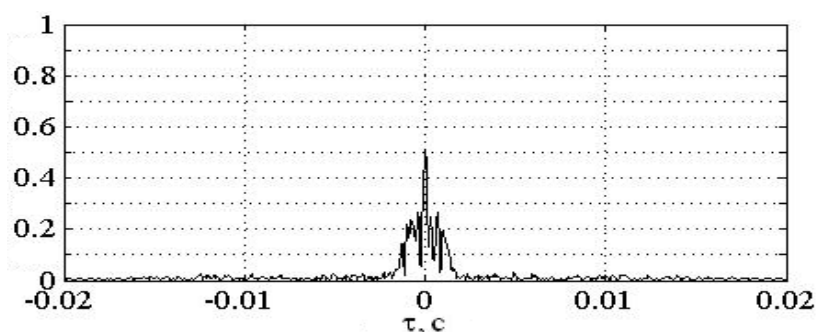


Рис. 9. Переріз ФН при $\Omega = 185$ Гц (ВКФ на рівні 0.5 від максимуму).

На рис. 10 показані ізокореляти ФН, або діаграми невизначеності на рівнях -1 дБ (0.9), -3 дБ (0.707), -6 дБ (0.5), тобто в області сильної кореляції.

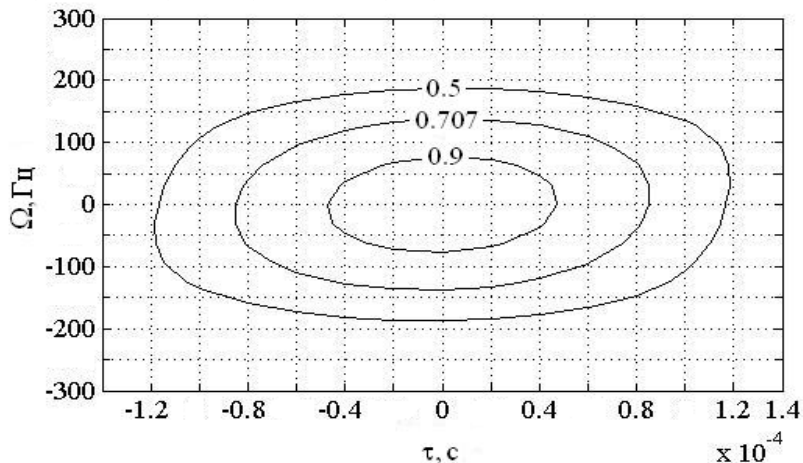


Рис. 10. Ізокореляти ФН в області сильної кореляції.

Роздільна здатність ДЧС в області сильної кореляції по дальності ($\Delta\tau$) та по швидкості ($\Delta\Omega$) представлена в табл. 1, для рівнів -1 дБ (0.9), -3 дБ (0.707), -6 дБ (0.5), де T – тривалість ДЧС [1]: $T = N \cdot \Delta t$; F – ширина спектру ДЧС, що визначається за формулою [1]:

$$F = \frac{N^2}{T}$$

Таблиця 1

Рівні	0.9 (-1 дБ)	0.707 (-3 дБ)	0.5 (-6 дБ)
$\Delta\tau$	$0.85 \frac{1}{F}$	$1.17 \frac{1}{F}$	$2.22 \frac{1}{F}$
$\Delta\Omega$	$0.33 \frac{1}{T}$	$0.193 \frac{1}{T}$	$0.135 \frac{1}{T}$

Результати дослідження ФН в області слабкої кореляції представлені на рис. 11 у вигляді ізокорелятивів на рівнях -10 дБ (0.3) та -20 дБ (0.1).

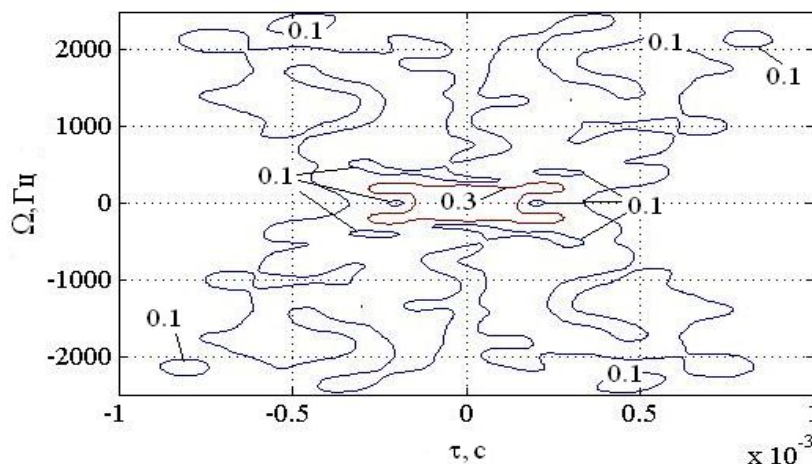


Рис. 11. Ізокорелятиви ФН в області слабкої кореляції.

Література

1. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.
2. Дж. П. Костас. Свойства сигналов с почти идеальной функцией неопределенности в координатах «дальность-доплеровская частота». – ТИИЭР, т. 72, №8, август 1984.

Мрачковський О.Д., Добриков О.В. Функція невизначеності дискретного десятиелементного частотно-маніпульованого сигналу. Розглянута функція невизначеності дискретного частотного сигналу, в якому використаний ряд чисел «Уелч-10» в якості частотної кодуючої послідовності.

Ключові слова: функція невизначеності, дискретний частотний сигнал

Mrachkovskiy O.D., Dobrikov A.V. Функція неопределенности дискретного десятиэлементного частотно-манипулированного сигнала. Рассмотрена функция неопределенности дискретного частотного сигнала, в котором используется ряд чисел «Уэлч-10» в качестве частотной кодирующей последовательности.

Ключевые слова: функция неопределенности, дискретный частотный сигнал

Mrachkovsky O.D., Dobrikov A.V. Research of ambiguity function of discrete ten-element frequency manipulation signal. Ambiguity function of a discrete frequency signal in which the number sequence «Welch-10» as frequency coding sequence is used is considered.

Key words: ambiguity function, discrete frequency signal