

## ДЕМОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ СТАНДАРТУ TETRA ЗАСТОСОВУЮЧИ ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕННЯ

Чесановський І. І.<sup>1</sup>, к. т. н., доцент; Левчунець Д. О.<sup>2</sup>, м. н. с.

<sup>1</sup>НАДПСУ, м. Хмельницький, Україна

<sup>2</sup>ХНУ, м. Хмельницький, Україна

Сучасний цифровий стандарт TETRA, розроблений на основі технології GSM і орієнтований на створення систем зв'язку, що ефективно і економічно вирішують завдання гнучкої комунікації між різними групами користувачів із забезпеченням багаторівневої пріоритетності викликів а також захищеності інформації є основним стандартом для систем професійного транкінгового радіотелефонного зв'язку.

Разом з тим, в сучасних радіосистеми передачі інформації велику увагу приділяють демодуляторам, оскільки, в основному, саме вони визначають стійкість передачі інформації. Притаманні стандарту стандарті спеціальні види модуляції, що відрізняються від аналогових видів [1], такі як  $\pi/4$  DQPSK; 16 QAM; 64 QAM дозволяють формувати компактний спектр радіосигналу з малим рівнем «позасмугових» випромінювань при високій швидкості передачі інформації і прийнятною завадостійкістю. Крім того, прийом цього сигналу може здійснюватися на різноманітні типи демодуляторів від найпростішого частотного дискримінатора до когерентних демодуляторів, що важливо при побудові радіоприймальних пристроїв різного класу.

Використання більш інформативного перетворення, порівняно із класичним Фур'є, дозволяє покращити характеристики пристрою виділення інформації (декодера), та завадостійкість системи в цілому. Так, застосовуючи вейвлет перетворення для більш ніж одного інформативного символу, стає можливим аналіз міжсимвольних переходів та їх взаємний вплив [2]. Для проведення зазначеного перетворення необхідно аби частота дискретизації була значно більшою подвійної частоти смуги пропускання каналу, тобто:

$$f_s \gg 2 \left( f_c + \frac{\Delta f}{2} \right), \quad (1)$$

де:  $f_s$  — частота дискретизації;

$f_c$  — несуча частота;

$\Delta f$  — ширина смуги пропускання каналу.

Формула (1) дозволяє забезпечити необхідну кількість відліків для аналізу (розрізнення) вейвлет поверхонь [2]. Також слід врахувати, що максимальна тактова частота сигналів, з якими можуть працювати демодулятори, реалізовані з використанням цифрових сигнальних процесорів загального призначення не перевищує сотень кГц. Максимальна тактова частота

та сигналів для демодуляторів, реалізованих з використанням ПЛІС становить десятки МГц.

Застосування на приймальній стороні когерентного демодулятора при аналогово-цифровому перетворенні сигналу на проміжній частоті дозволяє виконати умову (1) із зазначеною до неї приміткою.

Аналіз квадратурної складової для 3-х символів наведено на рис. 1.

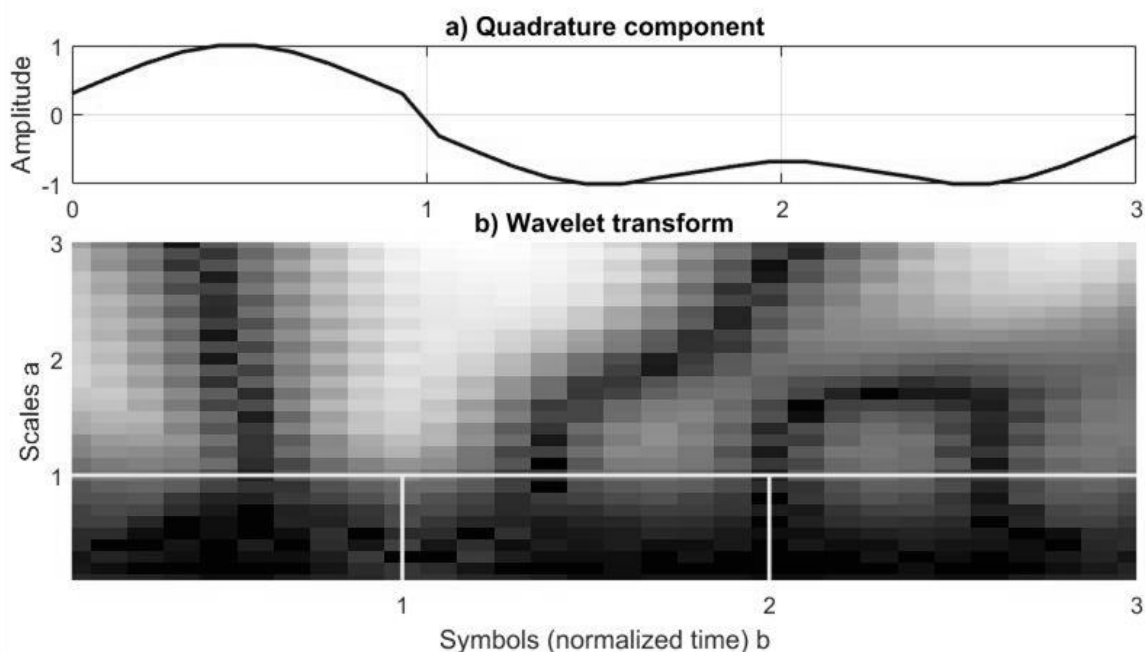


Рисунок 1. Аналіз квадратурної компоненти сигналу на проміжній частоті  
а) — Квадратурна компонента, б) — Поверхня вейвлет перетворення

Використання коефіцієнтів взаємного впливу на поверхні вейвлет перетворення (верхня частина) рис. 1 б) дозволяє більш точно проводити детектування прийнятих сигналів. Збільшуючи кількість символів при перетворенні, стає можливим аналіз не лише міжсимвольних переходів, а й міжсимвольного впливу.

Проведення такого аналізу можливе для різної кількості символів, у випадку зображеному на рис. 1 це 3 символи.

Беручи до уваги вимоги до стандарту TETRA [1], а саме:

- 25 кГц ширина одного каналу;
- 56,67 мс довжина одного кадру (4 слоти);
- Діапазон частот 150 – 900 МГц;
- Тип модуляції  $\pi / 4$  DQPSK.

Проведено порівняльний аналіз когерентних демодуляторів при аналого-цифровому перетворенні сигналу на проміжній частоті використовуючи сімейство біортогональних вейвлетів. Розклад DWT (discrete wavelet transform – дискретне вейвлет перетворення) проводився для послідовності із двох символів. Для винесення рішення використано кореляційні відгуки зразкових поверхонь із зашумленими. Графіки приведено на рис. 2.

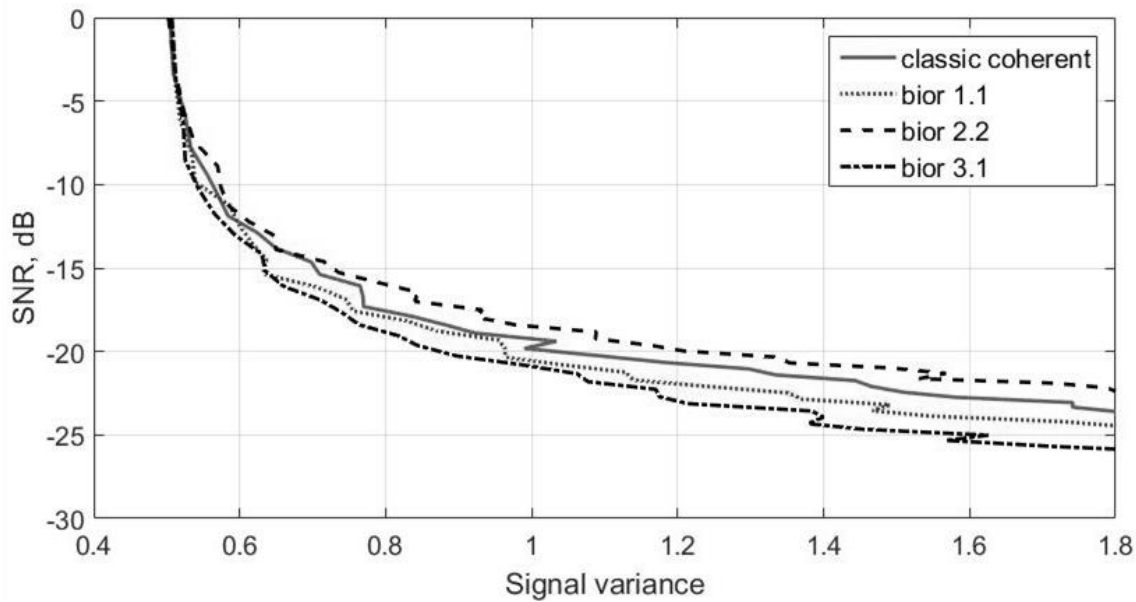


Рисунок 2. Графік залежності дисперсії точок сузір'я ( $\pi / 4$  DQPSK) сигналу від рівня сигнал/шум на вході

Графіки засвідчують підвищення завадостійкості системи за рахунок зменшення дисперсії символів на виході системи. У відношенні решти квадратурних типів модуляції стандарту TETRA аналіз змінюється відповідно до точок сузір'я (різновиди QAM модуляцій).

#### Перелік посилань

1. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Conformance testing specification /European Telecommunications Standards Institute — Fr., 2001. — 117 p.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.— 464 с.

#### Анотація

У статті запропоновано та розглянуто переваги використання вейвлет перетворення в системах професійного транкінгового радіотелефонного зв'язку стандарту TETRA. Показано переваги модифікованого  $\pi/4$ DQPSK демодулятора порівняно із класичним.

**Ключові слова:** TETRA, квадратурний демодулятор, DWT.

#### Аннотация

В статье предложено использования вейвлет преобразования в системах профессионального транкинговой радиотелефонной связи стандарта TETRA. Показаны преимущества модифицированного  $\pi / 4$ DQPSK демодулятора по сравнению с классическим.

**Ключевые слова:** TETRA, квадратурный демодулятор, DWT.

#### Abstract

The wavelet transform applying to professional trunking radio communication systems based on TETRA standard is proposed and discussed in the article. Also shown the advantages of modified  $\pi / 4$ DQPSK demodulator compared to classic.

**Keywords:** TETRA, quadrature demodulator, DWT.