

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗОВИХ СТАНІВ
КВАДРАТУРНИХ ФАЗОВИХ МОДУЛЯЦІЙ В УМОВАХ
ГАУСОВОГО КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

Белов В. С., аспірант; Белов А. С., здобувач

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Особливістю представлення квадратурних модуляцій з фазовою маніпуляцією є те, що при зміні кількості фазових станів в ФМн відбувається зміна відстані між результуючими точками на фазовому сузір'ї. Це змінює ймовірність виникнення помилки під час визначення фазового стану в певний момент часу, а також може призвести до зміни кількості бітових помилок в каналі радіозв'язку [1, 3].

При ФМн кодується різниця фаз двома сусідніми радіоімпульсами. При багаторівневої маніпуляції початкова послідовність двійкових імпульсів перетвориться в сукупність двох (при $M=4$) або трьох (при $M=8$) послідовностей двійкових елементів тривалістю відповідно $2T$ або $3T$ [2, 4].

Сигнал на виході перетворювача у відносний код можна представити у вигляді [5]:

$$\sum_{\kappa} e_{\kappa} Z(t - \kappa T) ;$$
$$Z(t) = \begin{cases} 1, t \in [0, T] \\ 0, t \in [0, T] \end{cases}$$

де, e_{κ} — елемент оптимального коду ($e_{\kappa}=0, 1; \kappa=0, 1, 2, \dots$)

Сигнал на виході фазового модулятора буде:

$$S(t) = A \cos[2\pi f_0 t + \pi \sum e_{\kappa} [t - \kappa T] + \varphi_0] = A \sum e'_{\kappa} Z(t - \kappa T) \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) ,$$

де, φ_0 — початкова фаза;

A — амплітуда сигналу;

$$e'_{\kappa} = \begin{cases} 1, e_{\kappa} = 1 \\ -1, e_{\kappa} = 0; \kappa=0, 1, 2. \end{cases}$$

Сигнал на виході фазового модулятора з ФМн-4 буде описуватись наступним виразом:

$$S(t) = \frac{A}{\sqrt{2}} \sum_{\kappa} c_{\kappa} Z(t - \kappa T) \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) + \frac{A}{\sqrt{2}} \sum_{\kappa} d_{\kappa} Z(t - \kappa T) \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0) ,$$

де $c_{\kappa} = \pm 1; d_{\kappa} = \pm 1; \kappa=0, 1, 2.$

Для отримання значення ймовірності символної помилки для більш складної модуляції, наприклад ФМн-16, необхідно взяти до уваги зміщення сигнальних точок на фазовому сузір'ї у бік зменшення відносної відстані між ними [6]. Символ на дійсній осі $S_0 = \sqrt{E_s}$, тоді прийнятий символ в

умовах впливу адитивного Гаусового шуму буде $y = \sqrt{E_s} + n$. Якщо адитивний шум n має функцію Гаусового розподілу ймовірностей

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ де } \mu=0, \sigma^2 = \frac{N_0}{2},$$

тоді умовна функція розподілу ймовірності для прийнятого символу y та переданого символу S_0 буде:

$$p(y/S_0) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{-\frac{(y-\sqrt{E_s})^2}{N_0}}$$

При наявності шуму в каналі зв'язку сигнальна точка фазового сузір'я на приймальній стороні може змінювати своє положення відносно вихідного, утворюючи певну фазову «пляму» у сузір'ї. При цьому для деяких меж, в яких може знаходитись така «пляма» демодуляція буде вірною.

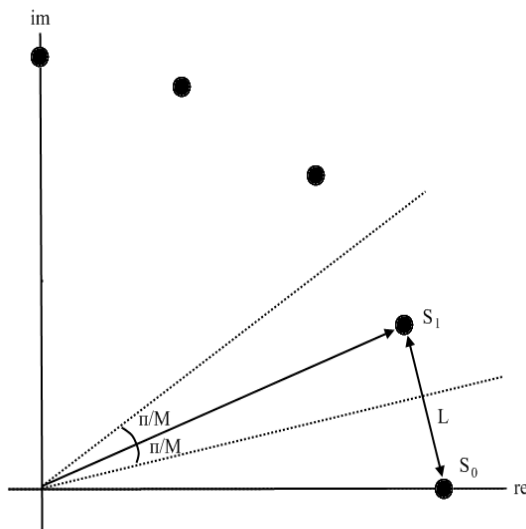


Рисунок 1. Відстань між точками фазового сузір'я для однієї чверті сигналу типу ФМн-16

Для визначення частоти символних помилок необхідно визначити ймовірність знаходження сигнальної точки в межах сектору від $-\pi/M$ до $+\pi/M$, враховуючи, що E_s/N_0 перевищує значення шуму, а значення M високе, тоді відстань від сигнальної точки фазового сузір'я до границі межі вірного детектування даної точки буде складати:

$$L_{\Phi_{Mn-16}} = \sqrt{E_s} \sin\left(\frac{\pi}{M}\right)$$

Таким чином символ S_0 буде детектовано невірно при перевищенні уявного значення y на значення

$$\sqrt{E_s} \sin\left(\frac{\pi}{M}\right).$$

Отже, отримане відносне значення відстані між сигнальними точками для модуляції з ФМн-16 показує, що завадостійкість системи буде зменшуватись при збільшенні значення M . Основною причиною цього є зменшення відстані L між сигнальними точками. Отже один із можливих варіантів рішення проблеми підвищення точності визначення фазових станів в модуляціях даного типу є зменшення кількості станів на чверть фазового сузір'я.

Література

1. Белов В. С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В. С. Белов, А. С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки — Харків — 2013 — том 6, № 12(66) — С. 11—14. — ISSN: 1729-4061
2. В. Кичак. Детектування та обробка комплексних сигналів з FSK та MSK / В. Кичак, В. Белов, А. Белов // Друга міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2013), 29-30 жовтня, 2013 р. Збірник тез доповідей. — Вінниця: ПП«ГД«Едельвейс і К», 2013, — 288 с.
3. Белов В. С. Визначення фазових станів у багатопозиційних маніпуляціях з квадратурним представленням інформації / В. С. Белов, А. С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» — Хмельницький — 2013 — №3 — С. 135—138.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр — Издательский дом «Вильямс», 2007. — 1104 с.
5. Окунев Ю. Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами / Ю. Б. Окунев — М. : Радио и связь, 1991. — 296 с.
6. Бортник Г. Г. Обробка компонент квадратурного сигналу в цифрових модуляціях / Г. Г. Бортник, В. С. Белов, А. С. Белов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : матеріали XII міжнар. наук.-техн. конференції (3 — 8 червня 2013 р., м. Одеса); Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. — Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2013. — 217 с. (укр., рус., англ.)

Анотація

Розглянуто метод визначення стану фазового сузір'я для модуляцій з відносним фазовим представленням інформації. Для визначених математичних моделей модуляцій з відносною фазовою маніпуляцією наведено векторну модель формування та побудоване сигнальне сузір'я для ідеального випадку складної модуляції. Проведено оцінку відстані між сусідніми точками сигнального сузір'я та ймовірностей символічних помилок.

Ключові слова: фазова маніпуляція, сигнальне сузір'я, модуляція.

Аннотация

Рассмотрен метод определения состояния фазового созвездия для модуляций с относительным фазовым представлением информации. Для определенных математических моделей модуляций с относительной фазовой манипуляцией рассмотрена векторная модель формирования и построено сигнальное созвездие для идеального случая сложной модуляции. Проведена оценка расстояния между соседними точками сигнального созвездия и вероятностей символьных ошибок.

Ключевые слова: фазовая манипуляция, сигнальное созвездие, модуляция.

Abstract

Examined method of the phase states determination in the constellation for the modulation with relative-phase presentation of information. Defined mathematical models for relative-phase shift keying modulations. Described vector model of formation of different types of modulations and built signal constellation for an ideal case of complex modulation. Provided estimation of distance between nearest points of the signal constellations. Built dependency diagrams for different phase values and analyzed distances between signal points for different phase states.

Keywords: phase shift keying, signal constellation, modulation.