

# МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРИ ПРИЙОМІ ЧАСТОТНО-МОДЕЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ

Кичак В.М.<sup>1</sup>, Тромсюк В.Д.<sup>2</sup>

Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, <sup>1</sup>E-mail: tkstb@inmt.vstu.vinnica.ua, <sup>2</sup>E-mail: tvd1989@mail.ru

**Анотація.** – В роботі досліджується питання зменшення бітової помилки при прийомі частотно-модельованих сигналів. За рахунок цього збільшується точність відновлення інформації при прийомі частотно-модельованих сигналів. Дане питання вирішується за рахунок побудови демодулятора ЧМ сигналів.

**Ключові слова:** демодулятор; бітова помилка; девіація; частота; фаза; модуляція.

## I. Вступ

При передачі частотно-модельованих (ЧМ) сигналів по каналах зв'язку виникають спотворення, обумовлені дією різних перешкод і завод. Тому важливою задачею є відновлення таких сигналів на приймальній стороні з мінімальними втратами інформації. Одним із основних складових елементів при прийомі ЧМ сигналів є демодулятор.

Процес демодуляції полягає в прийнятті рішення про те, яке повідомлення несе спотворений сигнал. Якщо детектор має низьку заводостійкість, то в процесі відновлення сигналу можуть виникати одиничні бітові помилки на виході демодулятора [1].

Застосування частотної демодуляції сигналів дозволяє зменшити втрати інформаційних біт шляхом удосконалення демодулятора та підвищити достовірність прийому дискретних сигналів.

## II. Синтез структурної схеми демодулятора ЧМ сигналів

При частотній модуляції вихідний сигнал, що моделюється проходить через інтегратор:

$$s_{FM}(t) = A_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \omega_a \int s_m(t) dt), \quad (1)$$

де  $A_0$  – амплітуда вхідного сигналу,  $\omega_0$  – носійна частота сигналу,  $\omega_a$  – девіація частоти ЧМ сигналу,  $s_m(t)$  – моделюючий сигнал, який потрібно виділити із  $s(t)$ . Тоді у відповідності з (1) при некогерентному прийомі обвідна фаза ЧМ сигналу рівна [2]:

$$\hat{\phi}(t) = \arctg\left(\frac{B(t)}{A(t)}\right) = \omega_a \int s_m(t) dt - \Delta\omega \cdot t - \hat{\phi}_0. \quad (2)$$

Продиференціювавши обвідну фази  $\phi(t)$  виразу (2) отримаємо миттєву частоту:

$$\omega(t) = \frac{d}{dt} \hat{\phi}(t) = \frac{d}{dt} \arctg\left(\frac{B(t)}{A(t)}\right) = \omega_a \cdot s_m(t) - \Delta\omega. \quad (3)$$

В результаті диференціювання частотна неузгодженість впливає лише на постійну складову демодельованого сигналу, яка, як правило, не несе інформації та може бути усунена за допомогою фільтра верхніх частот. Проте перед диференціюванням залишився арктангенс з «небажаною періодичністю». Розрахувавши похідну арктангенса у виразі (3) як похідну складної функції отримаємо:

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \frac{d}{dt} \arctg\left(\frac{B(t)}{A(t)}\right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{B(t)}{A(t)}\right) \cdot \arctg' \left(\frac{B(t)}{A(t)}\right) = \dots \\ &= \frac{B'(t) \cdot A(t) - A'(t) \cdot B(t)}{A^2(t)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{B^2(t)}{A^2(t)}} = \frac{B'(t) \cdot A(t) - A'(t) \cdot B(t)}{A^2(t) + B^2(t)} \end{aligned} \quad (4)$$

Структурна схема демодулятора ЧМ сигналів, синтезована згідно виразу (4), наведена на рис. 1.

Ділення у виразі (4) на квадрат амплітудної обвідної  $A^2(t) + B^2(t)$  призводить до усунення впливу паразитної амплітудної модуляції, що виникає при проходженні сигналу через вибірні кола приймача [3]. Внаслідок чого зменшується бітова помилка відновленого сигналу.

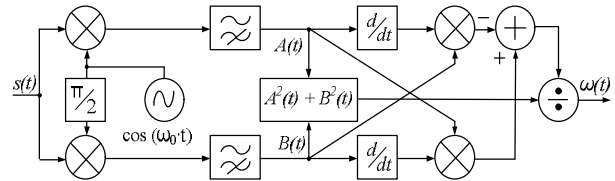


Рис. 1. Структурна схема демодулятора ЧМ сигналів

## III. Моделювання демодулятора ЧМ сигналів

Нормований вихідний моделюючий сигнал зображений на рис. 2. Вихідним моделюючим сигналом проводилася частотна модуляція сигналу на несучій частоті  $f_0 = 25$  кГц з девіацією частоти при частотній модуляції рівною  $f_d = 2$  кГц.

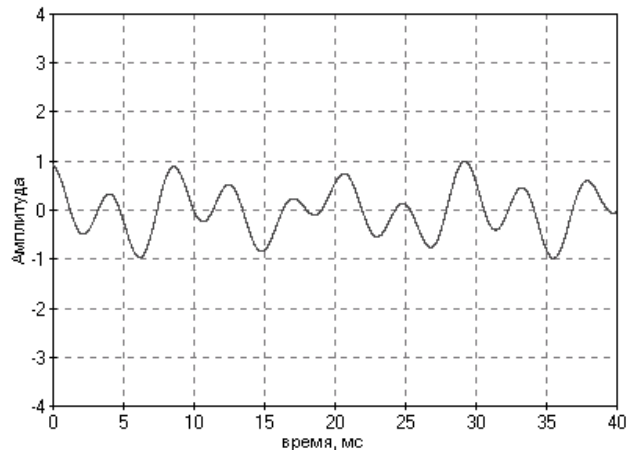
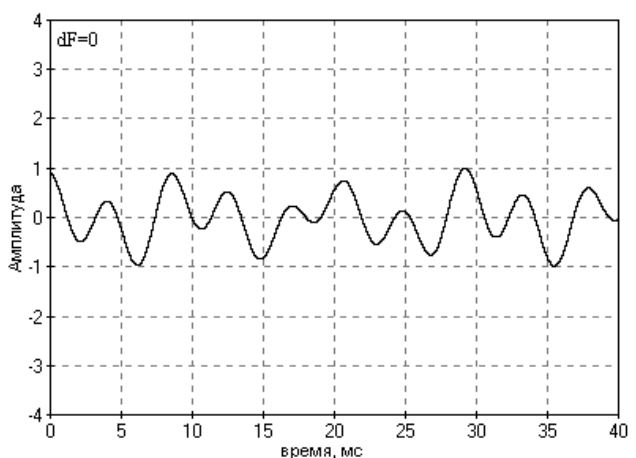


Рис. 2. Осцилограма вихідного нормованого моделюючого сигналу



III-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки  
24-26 жовтня 2013 р., Чернівці, Україна

Рис. 3. Вихідний сигнал демодулятора з нормуванням і розкриттям арктангенса з точною настройкою частоти гетеродина

Добре видно, що при точній настройці частоти гетеродина сигнал на виході демодулятора ЧМ сигналів повністю повторює вихідний моделюючий сигнал (рис. 3). Сигнал на виході демодулятора при частотній розстройці гетеродина 500 Гц приведено на рис. 4. Можна помітити, що частотна розстройка зміщує тільки постійну складову на виході демодулятора ЧМ сигналів.

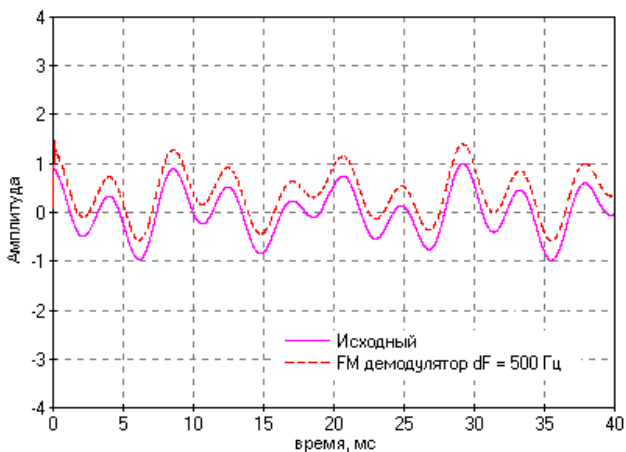


Рис. 4. Вихід демодулятора ЧМ сигналів з нормуванням і розкриттям арктангенса з розстройкою частоти гетеродина 500 Гц

#### IV. Висновки

Синтезована схема ЧМ демодулятора, на основі приведених виразів і за рахунок цього зменшується бітова помилка на приймальній стороні. Тобто збільшується точність приймальних трактів обробки інформації. Показано, що при демодуляції ЧМ сигналу при частотній розстройці змінюється лише постійна складова на виході демодулятора, яка не впливає на величину бітової помилки відновленої інформації.

#### V. Список літератури

- [1] Ричард Рид. Основы теории передачи информации: пер. с англ. - М. : Издательский дом «Вильямс», 2007 - 304 с.
- [2] Bob Watson. FSK Demodulation. Part 1, 2. [Електронний ресурс]// The Communication Edge. - 2011. - Режим доступу до журналу: <http://www.wj.com>.
- [3] Хворостенко Н.П. Статистическая теория демодуляции дискретных сигналов: - М. 1968 - 334 с.

### METHOD OF INCREASING THE ACCURACY FOR ADMISSION FREQUENCY-MODULATED SIGNALS

Kychak V.M., Tromsyuk V.D.

Department of the telecommunications systems and television,  
Vinnitsia National Technical University, Vinnitsa, Ukraine.

This paper investigates the question of reducing the bit error rate at the reception frequency of simulated signals. This increases the accuracy of the recovery in the reception frequency of simulated signals.

On the basis of the expression (4) hold circuit demodulator FM signals. This ability reduces the likelihood of bit errors in the recovered data signal.

The simulation showed that the exact tuning of the local oscillator frequency signal at the output store FM demodulator repeats the original simulated signal (Fig. 3). The frequency

*III-а міжнародна науково-практична конференція*

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки  
24-26 жовтня 2013 р., Чернівці, Україна*

detuning shifts the only constant component to store FM demodulator output signals (Fig. 4).

The use of the frequency demodulation to reduce the loss of information bits by improving the demodulator and increase the reliability of receiving digital signals.