

# МОДИФІКОВАНИЙ ЦИФРОВИЙ КОРЕКТОР НВЧ ТРАКТІВ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Модифіковано цифровий коректор НВЧ трактів цифрових систем зв'язку.*

**Ключові слова:** цифровий коректор, НВЧ тракт, поліноміальна модель.

## *Abstract*

*The digital corrector of the microwave tracts of digital communication systems has been modified.*

**Keywords:** digital corrector, microwave tract, polynomial model.

## Вступ

У зв'язку зі значно збільшеним числом пристроїв бездротового зв'язку при розробці сучасних систем телекомунікації накладаються жорсткі вимоги на спектр сигналу, що передається. Це пов'язано з тим, що при формуванні та підсиленні корисного сигналу через нелінійність передавального тракту виникають різні позасмугові випромінювання. Позасмугові складові, які не потрапляють в частотну область каналу передачі, наприклад гармоніки робочої частоти, досить просто придушуються вихідним фільтром [1, 2]. Інтермодуляційні складові непарного порядку, навпаки, лежать поблизу робочої частоти і безпосередньо проходять на вихід передавального пристрою. Зменшити їх рівень простими методами вже не вдається. Крім появи випромінювання в сусідньому каналі нелінійність вихідного тракту призводить також до спотворення сигналу і в основний його смузі, що збільшує ймовірність бітрової помилки і зменшує вірогідність прийому [3].

## Основна частина

Підсилювач потужності, будучи найважливішим блоком передавального тракту бездротової системи передачі інформації, вносить значну частину нелінійних спотворень в випромінюється сигнал. Для сигналів з багатопозиційної модуляцією це проявляється в збільшенні рівня потужності, випромінюваної в сусідньому каналі, і зменшенні відносини сигнал/шум в основному каналі.

Тому при створенні передавального пристрою системи зв'язку необхідно розробляти алгоритми для його лінеаризації.

При цифровому формуванні сигналу найбільш ефективним з точки зору лінеаризації є метод цифрових передспотворень. При цьому цифровий коректор може бути реалізований або у вигляді таблиць відповідності для безінерційних систем, або у вигляді однієї з безструктурні моделей для інерційних систем.

Класичний цифровий коректор далеко не завжди підходить для використання в системах зв'язку з ППРЧ через частотні нерівномірності амплітудної і фазової характеристик передавального тракту. Тому в роботі пропонується модифікований цифровий коректор для даних систем. Даний цифровий коректор побудований на основі узагальненої поліноміальної моделі з пам'яттю. При цьому показник помилки (EVM) знижується до 1%, а рівень позасмугового випромінювання в сусідньому каналі (ACPR3) - на 15-20 дБ.

Результати, отримані в роботі, були використані при розробці передавального тракту радіомодема з цифровою обробкою сигналу сантиметрового діапазону. На рис. 1 приведена структурна схема радіомодему. Сигнал, що формується блоком ЦОС, проходячи через передавальний перетворювач частоти потрапить на вхід підсилювача потужності. Для адаптації частина вихідного сигналу модему, проходячи через спрямований відгалужувач, подається на приймальний перетворювач частоти. Як видно з рисунку, в пристрої застосовується подвійне перетворення частоти.

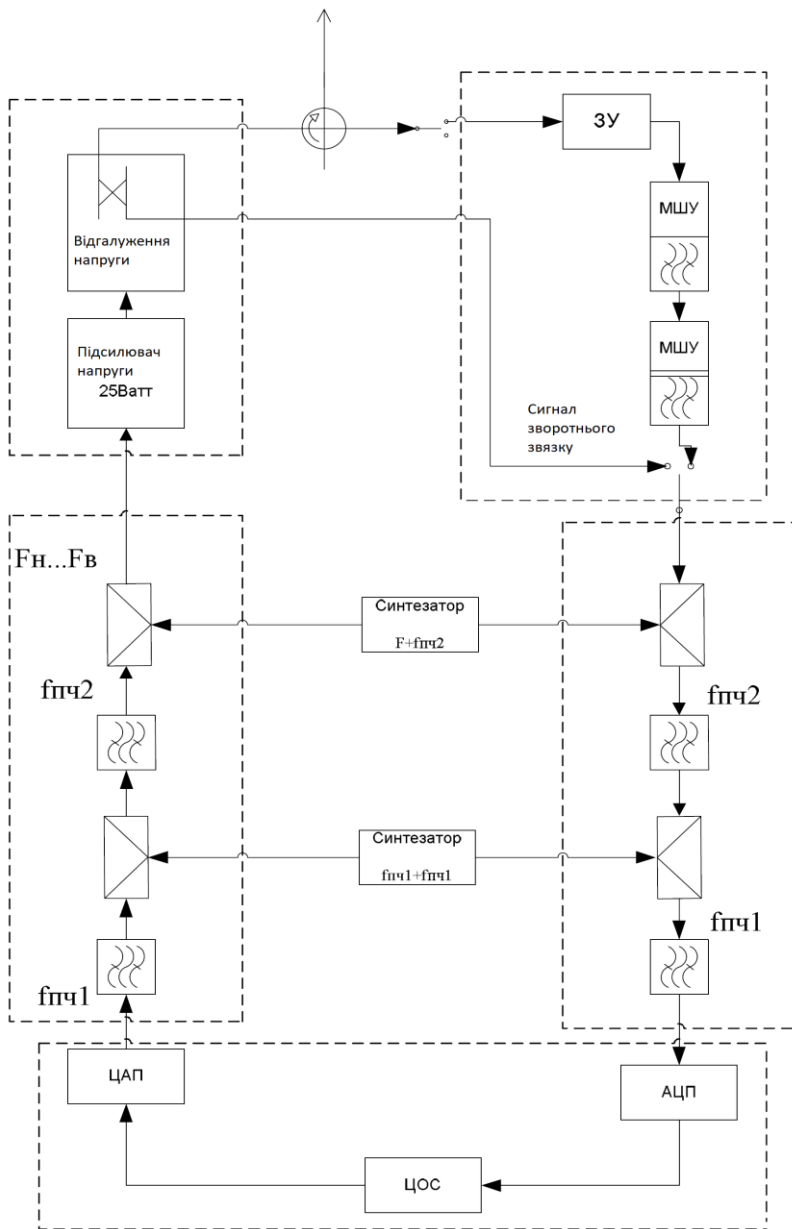


Рис. 1 Структурна схема радіомодема

порівнянні, а часом навіть краще, ніж традиційна [5, 6].

При цьому в якості другого блоку використовувалася поліноміальна модель без пам'яті ( $P = 5$   $M = 0$ ), а в якості першого блоку - поліноміальна модель з параметрами ( $P = 1$   $M = 10$ ). При цьому загальне число параметрів  $N = 13$ . Вибір даної структури коректора був обумовлений тим, що підсилювач потужності проявляє в основному нелінійні властивості і його інерційними властивостями можна знехтувати, а основний ефект пам'яті зосереджений в фільтруючих ланках і тракті попередньої частоти. Таким чином, можливо поділ спотворень на нелінійні і обумовлені інерційністю пристрою.

### Висновки

Запропоновано модифікований цифровий коректор для систем зв'язку з ППРЧ. Вироблені критерії та надано рекомендації щодо визначення структури даного коректора. Виконана практична реалізація цифрового коректора для заданого передавального тракту, що використовує режим ППРЧ. В результаті позасмугове випромінювання вихідного сигналу в сусідньому каналі зменшилося на 6-8 дБ, а рівень EVM знизився більш ніж в два рази.

При цьому перше перетворення переносить сформований ЦАП сигнал на фіксовану частоту  $F_{пч2}$ . Другий же гетеродин є перебудовуваним і переносить сигнал на робочу частоту. У приймальному тракті відбуваються зворотні перетворення частот.

Видно, що в цьому пристрої вихідний сигнал зазнає спотворення як в блоці перетворення частоти, так і в підсилювачі потужності. При цьому EVM вихідного сигналу становить близько 8.5%, а АСРРЗ - 28.5 дБ. АСРРЗ вихідного сигналу - 36.5 дБ [4].

Як коректор всього передавального тракту використовувалася поліноміальна модель з пам'яттю. Було визначено, що для забезпечення вимог по позасмугових випромінювань необхідно застосовувати коректор з порядком нелінійності  $P = 5$  (при цьому використовуються тільки члени непарної ступеня) і глибиною пам'яті  $M = 10$ . При цьому число параметрів моделі дорівнювало  $N = 30$ .

Для спрощення процесу ідентифікації параметрів коректора і зниження витрат на його апаратну реалізацію для заданого передавального тракту була реалізована багатокаскадна архітектура. Кожен каскад даного коректора є моделлю зі значно меншим числом параметрів. При цьому результати моделювання вказують на те, що дана архітектура по ефективності

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Rawat M. Three-layered biased memory polynomial for dynamic modeling and predistortion of transmitters with memory / M. Rawat, F. M. Ghannouchi, K. Rawat //IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers.–2013.–Vol.60, no. 3.–P. 768–777.
2. Laki B.D. Adaptive digital predistortion for wideband high crest factor applications based on the WACP optimization objective: An extended analysis / B. D. Laki, C. J. Kikkert//IEEE Trans. Broadcast.–2013.–Vol. 59, no.1.–P. 136–145.
3. Ma Y. An algorithm for obtaining the optimum inverse for a given polynomial in baseband / Y. Ma, Y. Yamao, Y. Akaiwa //IEICE Trans. Fundam.–2013.–Vol. E85, no. 3.–P. 675–683.
4. Mykhalevskiy D. Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver / D. Mykhalevskiy, N. Vasykivskiy, O. Horodetska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 6/9 ( 90 ), 2017. – p. 38-43.
5. Michalevskiy D. Performance evaluation of monitoring tools of electronic products by the level of low-frequency noise / D. Michalevskiy, O. Horodetska, R. Krasota // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №1. – С. 183-186.
6. Городецька О.С. Ефективна ВОСП з ОП EDFA / О. С. Городецька, В.О. Шаталюк // Конференції ВНТУ, електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем. – 2017. – 2 с.

*Городецька Оксана Степанівна* – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: [horodecka.os@gmail.com](mailto:horodecka.os@gmail.com).

*Horodetska Oksana S.* – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [horodecka.os@gmail.com](mailto:horodecka.os@gmail.com)