

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ТРАКТ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ЦИФРОВИМ ОБРОБЛЕННЯМ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі представлено метод цифрового коригування розрядної нелінійності аналого-цифрового тракту радіотехнічних систем. У рамках запропонованого методу формування коригувальних членів базується на обробленні вибірок тестового сигналу у часовому та частотному поданні. Показано високу ефективність запропонованого методу при високих значеннях нелінійності характеристики перетворення АЦТ.

Ключові слова: радіотехнічна система, аналого-цифровий тракт, високочастотні сигнали, динамічний діапазон.

Abstract

Method of digital correction of bit nonlinearity of analog-digital path of radio-technical systems is represented in the research. The method suggests that the formation of correction components is based on the processing of test signal samples in time and frequency presentation. It is proved that the given method is characterized by high performance on conditions of nonlinearity high values of ADP conversion.

Keywords: radio-technical system, analog-digital path, high-frequency signals, dynamic range.

Вступ

Розширення сфер використання радіотехнічних систем з цифровим обробленням високочастотних (ВЧ) сигналів неможливі без покращення характеристик засобів аналого-цифрового перетворення. Аналого-цифровий тракт (АЦТ) встановлює граничні можливості сучасних радіотехнічних систем як за швидкодією так і за динамічним діапазоном. Тому удосконалення АЦТ ВЧ-сигналів відбувається як шляхом підвищення смуги частот перетворюваних сигналів, так і шляхом розширення динамічного діапазону [1].

Особливий інтерес до швидкодійних АЦТ з широким динамічним діапазоном обумовлений тим, що в багатьох радіотехнічних системах з цифровим обробленням сигналів (ЦОС) все частіше використовуються схеми прямого перетворення сигналів без проміжного перетворення частоти. Важливою особливістю більшості цих систем є наявність широкого динамічного діапазону АЦТ для однозначного реєстрування як сильних за рівнем, так і слабких сигналів. Однак, використання відомих методів та підходів у швидкодійних АЦТ ВЧ-сигналів не дозволяють реалізувати потенційно досяжний динамічний діапазон [2, 3]. Це пояснюється тим, що реальні тракти аналого-цифрового перетворення ВЧ-сигналів вносять суттєві спотворення в цифрове представлення сигналів у вигляді паразитних спектральних складових, що обумовлені нелінійністю функціональних елементів АЦТ [4]. Таким, чином актуальною задачею є розробка АЦТ з розширеним динамічним діапазоном при збереженні потенційно високої швидкодії перетворювача.

Метою роботи є розширення динамічного діапазону АЦТ високочастотних сигналів за рахунок коригування нелінійності характеристики перетворення (ХП) трактів.

Результати дослідження

Розв'язання задачі розширення динамічного діапазону АЦТ можна здійснити за рахунок підвищення лінійності передатної характеристики тракту при перетворенні ВЧ-сигналів. При реалізації запропонованого методу цифрового коригування передбачається виконання таких етапів:

- а) визначення розрядної нелінійності АЦТ за допомогою методів ЦОС;
- б) обчислення коригувальних поправок для досліджуваного АЦТ;
- в) формування скоригованих сигналів АЦТ.

Знайдено взаємозв'язок між розрядною нелінійністю АЦТ та спектральними складовими у базисі Уолша. ХП ідеального АЦТ з n -розрядним АЦП та числом кроків квантування $N = 2^n - 1$ може бути повністю представлена лише $m+1$ складовими спектра у базисі Уолша. При цьому $X_w(0)$ відповідає зміщеному ХП АЦТ, а інші складові $X_w(k)$ – відповідним вихідним розрядам АЦТ. Тому використання дискретного перетворення Уолша (ДПУ) дозволяє при відповідному виборі типу тестового сигналу достатньо просто та наочно оцінити нелінійність досліджуваного АЦТ.

Амплітудний спектр Уолша відображає рівень нелінійності ХП і в результаті чітко визначаються розряди, які впливають на спотворення ХП АЦТ. Таким чином, розрядна нелінійність АЦТ знаходить своє відображення у відповідній складовій у базисі Уолша. Причому наявність інтермодуляційних складових сигналу не спотворює спектр Уолша і не зменшує точність опису нелінійних властивостей АЦТ, що дає можливість виконати адекватне коригування нелінійності ХП АЦТ. ДПУ послідовності, що відображає нелінійність АЦТ для кожного спотвореного розряду формує лише одну частотну складову, що спрощує процес визначення поправки для коригування вихідного сигналу АЦТ.

Шкала квантування АЦТ будується так, щоб спотворення обмеження не виникали, тому значення u_i збігається з амплітудним значенням сигналу u_m . Коефіцієнт k , що встановлює зв'язок між значеннями параметрів сигналу та шкали квантування чисельно дорівнює пік-фактору сигналу.

Точність формування коригувальної складової визначається середньоквадратичною похибкою оцінювання нелінійності гістограмного методу. Необхідно врахувати також втрати на неоптимальність оброблення послідовності нелінійності L згідно алгоритму ДПУ, що обумовлені квантуванням коефіцієнтів у базисі Уолша та масштабуванням даних:

$$\sigma_L = \frac{u_m \cdot \pi}{2q} \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} \cdot 10^{\frac{L}{10}}.$$

Ефект від коригування зростає зі збільшенням нелінійності АЦТ і при значенні нелінійності 10 ОМР динамічний діапазон АЦТ з цифровим розрядним коригуванням на 22 дБ ширший, ніж в аналогового АЦТ без коригування

Висновки

У роботі запропоновано метод цифрового коригування розрядної нелінійності аналого-цифрового тракту радіотехнічних систем з цифровим обробленням ВЧ-сигналів. При цьому формування коригувальних членів базується на обробленні вибірок тестового сигналу у часовому та частотному поданні. У рамках запропонованого методу встановлено, що частотно-впорядковані функції Уолша мають таку ж періодичність, що і послідовності порушення лінійності АЦТ. Тому їх можна застосовувати для аналізу нелінійності ХП АЦТ. Встановлено, що розрядна нелінійність АЦТ знаходить своє відображення у відповідній складовій у базисі Уолша. Причому наявність інтермодуляційних складових не спотворює спектр Уолша і не зменшує точність опису нелінійності АЦТ, що дає можливість виконати адекватне коригування тракту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Методи та засоби обробки високочастотних сигналів. Г.Г. Бортник, В.М. Кичак. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998.- 132с.
2. Кестер У. Аналого-цифровое преобразование : пер. с англ. / Уолт Кестер. – М. : Техносфера, 2007. – 1016 с.
3. Бортник Г.Г. Пристрій аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.В. Стальченко.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-2013, № 2.– С.82-85.
4. Бортник Г.Г. Аналіз ефективності аналого-цифрового перетворення сигналів у радіотехнічних комплексах. Г.Г. Бортник, М.Л. Мінов, О.В. Стальченко. – 2012. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2011, № 2.– С. 12-15.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Vasylkivskiy Mikola Volodymyrovych – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com