УДК 621.397

Г. Г. Бортник[1]
С. О. Кирилюк[1]

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ З ПОКРАЩЕНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

[1] Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено аналого-цифровий перетворювач (АЦП) високочастотних (ВЧ) сигналів з покращеними динамічними характеристиками. Для зниження динамічної похибки аналого-цифрового перетворення здійснюється додаткове оброблення ВЧ-сигналу, що зменшує швидкість зміни сигналу на вході АЦП. Основною перевагою запропонованого АЦП є можливість ефективного використання додаткового каналу оброблення для зменшення динамічної похибки.

Ключові слова: аналого-цифровий перетворювач, високочастотні сигнали, динамічна похибка

Abstract

The paper presents an analog-to-digital converter (ADC) of high-frequency (HF) signals with improved dynamic characteristics. To reduce the dynamic error of the analog-to-digital conversion, additional HF signal processing is performed, which reduces the rate of signal change at the ADC input. The main advantage of the proposed ADC is the ability to efficiently use an additional processing channel to reduce dynamic error.

Keywords: analog-to-digital converter, high-frequency signals, dynamic error

Вступ

Розвиток і розширення сфер використання систем оброблення ВЧ-сигналів неможливі без покращення характеристик засобів аналого-цифрового перетворення. Проте існуючі аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) не задовольняють усім висунутим до них вимогам і, в першу чергу, вимогам щодо швидкодії та точності. Обмеження ширини спектра вхідного сигналу АЦП обумовлено зростанням з підвищенням частоти похибок перетворення [1, 2]. Основним напрямком розв'язання цієї задачі є вдосконалення інтегральної технології, що призводить до безпосереднього покращення динамічних характеристик АЦП. Проте розвиток цього напряму можливий тільки при наявності відповідної технологічної бази і вимагає значних витрат на розробку нової технології [3].

У зв'язку з цим актуальною є задача зменшення впливу неідеальності динамічних характеристик АЦП ВЧ-сигналів на результуючу динамічну точність перетворення.

Результати дослідження

У роботі запропоновано для зниження динамічної похибки аналого-цифрового перетворення ВЧ-сигналу $x(t)$, здійснювати додаткове перетворення $L\{x(t)\}$, що зменшує швидкість зміни сигналу на вході АЦП. Клас можливих пар перетворень L, L^{-1} досить вузький. Основною причиною, що ускладнює пошук таких пар, є наявність операції аналого-цифрового перетворення, що розділяє операції L і L^{-1}, у результаті чого перетворення L виконується над аналоговим сигналом, а L^{-1} – над цифровим сигналом [4].

Однією з можливих пар перетворень, що задовольняють наведеним умовам, є лінійні перетворення $L(p)=(1-e^{-pT})$ та $L^{-1}(z)=(1-z^{-1})^{-1}$. Перетворення Лапласа сигналу $r(t)$, при якому результат $y^*(n\Delta t)$ відновлювального перетворення $L^{-1}(z)$ повинен збігатися з цифровим еквівалентом $x^*(n\Delta t)$ вхідного ВЧ-сигналу $x(t)$, дорівнює $R(p)=x(p)\cdot L(p)$. Якщо $L^{-1}(z)=(1-Z^{-1})^{-1}$, то $Y(z)=R(z)\cdot L^{-1}(z)=Z\{X(p)\}=X(z)$. Отже, в результаті перетворення L^{-1}, відбувається повне відновлення цифрового еквіваленту вхідного ВЧ-сигналу.

Структура АЦП ВЧ-сигналів з додатковим каналом оброблення, який використовує різницеве диференціювання вхідного ВЧ-сигналу, наведена на рис. 1.

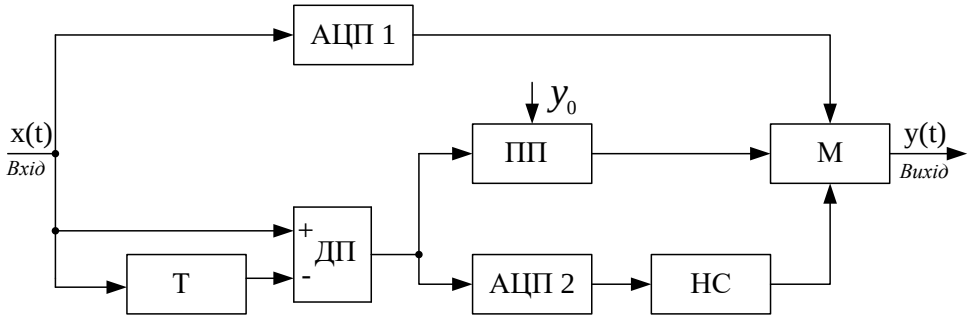

Рисунок 1 - Структура АЦП ВЧ-сигналів з додатковим каналом оброблення

Відновлення сигналу виконується за допомогою перетворення $L^{-1}(z)=(1-z^{-1})^{-1}$, реалізованого цифровим інтегратором. Вибір каналу, який під'єднується до виходу мультиплексора (М), здійснюється пристроєм порівняння (ПП) на основі порівняння швидкості зміни сигналу $x(t)$ із заданим порогом y_0. При диференціюванні у другому каналі відбувається втрата інформації щодо постійної складової сигналу. Для її відновлення підсумовується вихідний код інтегратора з останнім відліком АЦП 1.

Ефективність уведення диференціального каналу оброблення зростає з підвищенням частоти дискретизації, тому в складі АЦП доцільно використовувати модулі паралельних АЦП, що мають високу частоту дискретизації. Підвищення частоти дискретизації в цьому каналі у d разів дозволяє обробляти при тому ж рівні дисперсії динамічної похибки сигнали, що мають спектр у $\sqrt{d}$ разів ширший [5].

Висновки

Встановлено, що використання однакових модулів АЦП в обох каналах забезпечує зниження динамічної похибки в 4 рази. Враховуючи пропорційну залежність середньоквадратичного відхилення динамічної похибки від швидкості зміни вхідного сигналу, можна у 2 рази підвищити частоту вхідного ВЧ-сигналу при незмінній динамічній похибці. Основною перевагою розробленого АЦП є можливість ефективного використання структурної надлишковості для зменшення динамічної похибки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Швидкодіючий аналого-цифровий перетворювач підвищеної точності / Г.Г. Бортник // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2002. – № 5. – С. 47-50.

2. Бортник Г.Г. Аналіз ефективності аналого-цифрового перетворення сигналів у радіотехнічних комплексах / Г.Г. Бортник, М.Л. Мінов, О.В. Стальченко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 2.– С. 12-15.

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. Дослідження інтегральної нелінійності аналого-цифрового перетворювача у базисі дискретних функцій Фур'є / Г.Г. Бортник, С.Г. Бортник // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 5. – С. 117-119.

5. Бортник Г.Г. Метод аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів з додатковим шумоподібним сигналом / Г.Г. Бортник, О.В. Стальченко, К.О. Боярський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 1. – С.100-105.

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

Кирилюк Сергій Олександрович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com

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

Kyrylyuk Sergiy Olexandrovych – postgraduate of the Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com