

УДК 621.374

Б. Д. Будз;

В. Б. Дудикевич, д. т. н., проф.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЛО-ІМПУЛЬСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗІ ЗРІВНОВАЖУВАННЯМ

Розглянуто питання побудови число-імпульсних функціональних перетворювачів зі зрівноважуванням (ЧФПЗ). Для запропонованих ЧФПЗ, які реалізують експоненту і натуральний логарифм, за допомогою імітаційного моделювання було проведено дослідження основних характеристик.

Характерною тенденцією вдосконалення засобів вимірювальної техніки є суміщення в часі вимірювального перетворення з попередньою обробкою вимірювальної інформації. Це дає змогу створювати високоефективні засоби отримання, перетворення і оброблення інформації, зокрема скорочується обсяг інформації, яка передається каналами зв'язку, що робить раціональним обмін між вимірювальними перетворювачами і вищим ступенем інформаційно-вимірювальної системи, розвантажується ЕОМ, яка входить до складу системи, а також скорочується час, необхідний для розв'язання задачі.

В системах автоматичного управління, інформаційно-вимірювальних комплексах, системах автоматизації експерименту значна частина вихідної і керувальної інформації представляється в неперервній формі і її оброблення може виконуватися цифровими або аналоговими методами. Перевага цифрових методів — принципова можливість уникнення інструментальної похибки при обчисленнях і оперативній зміні алгоритмів оброблення інформації. Крім того, вартість цифрових вузлів суттєво нища вартості аналогових, а при інтегральному виконанні степінь інтеграції цифрових вузлів суттєво вища ніж в аналогових. Для реалізації різних методів оброблення інформації, зокрема цифрових, використовуються перетворювачі форми інформації.

Перетворювачі форми інформації (ПФІ) — спеціалізовані багатофункціональні пристрої обчислювальної і керувальної техніки, які використовуються для зв'язку і обміну інформацією між об'єктами з різною формою представлення величин. Для виконання свого призначення ці пристрої окрім аналогово-цифрових і цифро-аналогових перетворень, які є їх головною функцією, здійснюють операції з первинної обробки величин (масштабування, згладжування, запам'ятовування, апроксимацію, компресію тощо) і взаємокерувальні операції по відношенню до джерел і приймачів інформації.

Вимірювальні перетворювачі виконуються в аналоговій, аналого-цифровій і числовій формах. Серед числових вимірювальних перетворювачів значну групу складають такі, які використовують як проміжну форму перетворення інформації число-імпульсний код (ЧІК) [1]. В процесі перетворення ЧІК в позиційний двійковий код він може бути підданий попередній обробці. Ця обробка не потребує додаткового часу, оскільки здійснюється паралельно формуванню позиційного коду. Пристрої, які здійснюють функціональне перетворення ЧІК називаються число-імпульсними функціональними перетворювачами (ЧІФП).

Коло і складність розв'язуваних задач в будь-якій системі залежить від параметрів обчислювальних машин, які виконують основну обробку інформації. Однак гнучкість цих систем суттєво зростає, якщо наявні в системі ПФІ виконують крім аналогово-цифрових і цифро-аналогових перетворень ще і деякі елементарні логічні, обчислювальні і керувальні операції, що пов'язані з первинним обробленням інформації. Раціональний синтез системних перетворювачів форми інформації (СПФІ), направлений на підвищення ефективності систем, є важливою науково-технічною задачею [2].

В 40-х роках минулого століття велися роботи зі створення машини для отримання числових розв'язків звичайних диференціальних рівнянь, яка отримала назву диференціального аналізатора.

Досвід програмування структур диференціального аналізатора формувався в значній мірі під впливом фундаментальних робіт К. Шеннона [3]. Основні результати цієї роботи обґрунтовували можливості диференціального аналізатора, зокрема:

а) для того, щоб систему звичайних диференціальних рівнянь можна було розв'язати із застосуванням тільки інтеграторів і суматорів, необхідно і достатньо, щоб ці рівняння могли бути записані у вигляді

$$\frac{dy_k}{dx_1} = \sum_{i,y=0}^n a_{ijk} y_i \frac{dy_j}{dy_1} \quad (k = 2, 3, \dots, n), \quad (1)$$

де $y_0 = 1$ (введено для компактності запису), y_1 — незалежна змінна, y_2, \dots, y_n — залежні змінні, в склад яких входять залежні змінні початкової системи.

б) функція від одної змінної може бути реалізована тоді і тільки тоді, коли вона не є гіпертраденцентною [2].

Як виявилось пізніше, всі теоретичні засади, які обґрунтовують можливості структур диференціальних аналізаторів, можна використати для побудови ЧФП за допомогою цифрових інтеграторів і суматорів.

Як відомо число-імпульсні функціональні перетворювачі можуть виконуватись при різних варіантах виконання структурних вузлів (на основі двійкових помножувачів або нагромаджувальних суматорів). На цей час розроблено та досліджено велику кількість ЧФП прямого перетворення. ЧФП зі зрівноважуванням (ЧФПЗ) приділялась недостатня увага. В даній статті розглянуто ЧФП в яких структурні вузли виконані на основі двійкових помножувачів. Серед можливих функціональних залежностей, які зустрічаються при первинній обробці, регулювання і керування, був розглянутий експоненціально-логіфімічний тип, до складу якого входять функції експоненти і натурального логарифму. Структурно ЧФПЗ складаються з лічильників, двійкових помножувачів, які забезпечують ділення вхідної частоти на число записане в керуальному регістрі, і елементів порівняння. Структурна схема таких перетворювачів зображена на рис. 1 і рис. 2 відповідно, де Лч1-Лч3 — лічильники імпульсів, І, АБО — група логічних елементів І-АБО.

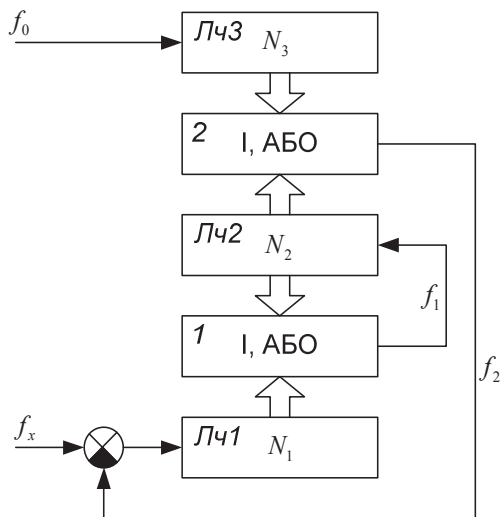


Рис. 1. Структурна схема ЧФПЗ, що реалізує експоненціальну залежність

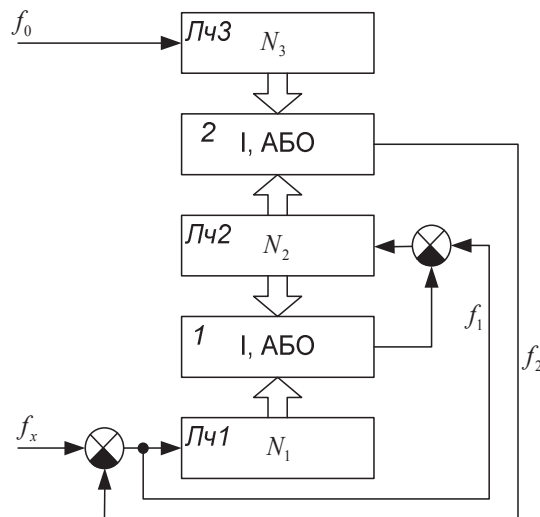


Рис. 2. Структурна схема ЧФПЗ, що реалізує логарифмічну залежність

На рис. 3 зображена структурна схема побудована на логічних елементах і лічильниках (для логарифмічної залежності).

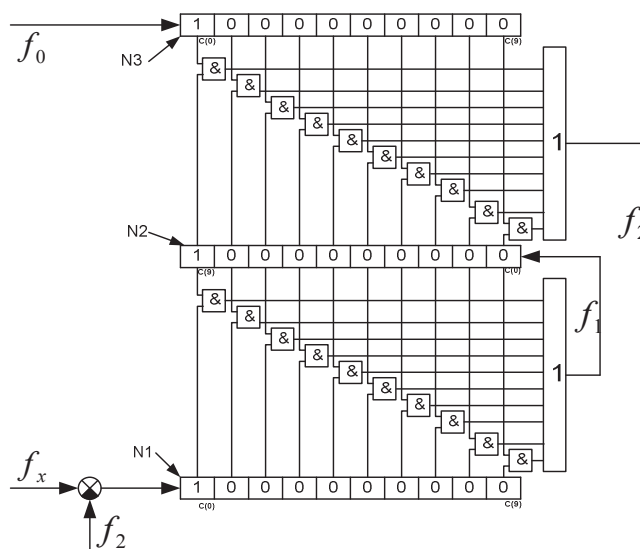


Рис. 3. Структурна схема ЧФПЗ, що реалізує логарифмічну залежність, яка побудована на логічних елементах і лічильниках

Роботу цих пристроїв можна пояснити таким чином: на вхід функціонального перетворювача надходять вимірювальні імпульси f_x , після завершення перехідного процесу, в лічильниках Лч1 сформується результат. Це досягається завдяки тактувальній частоті f_0 , яка повинна бути щонайменше в два рази більшою від вимірювальної, оскільки за допомогою дільника частоти вона становить значення рівне вимірювальному значенню, і надходячи на елемент порівняння на виході ми нічого не отримуємо, тобто, як було сказано вище, в лічильнику Лч1 формується результат.

Для дослідження основних характеристик, було проведено імітаційне моделювання в середовищі програмування мовою С. Досліджувались точність відтворення і швидкість завершення перехідного процесу

при значеннях вхідної частоти від 105 до 190 Гц, і відповідно тактувальна частота матиме значення 200 Гц (оскільки відношення вхідної і тактувальної частоти не повинно перевищувати значення 0,5). Результати дослідження відображені на рис. 4 (для натурального логарифму) і рис. 5 (для функції експоненти). Як зазначалось вище, результат функціонального перетворення фіксується в Лч1, тобто це є число, представлене в двійковій формі. Похибкою вважається різниця отриманого значення від очікуваного, звичайно в десятковій формі. Як бачимо максимальна похибка становить близько 4,5, мінімальна — близько 0,1 одиниці.

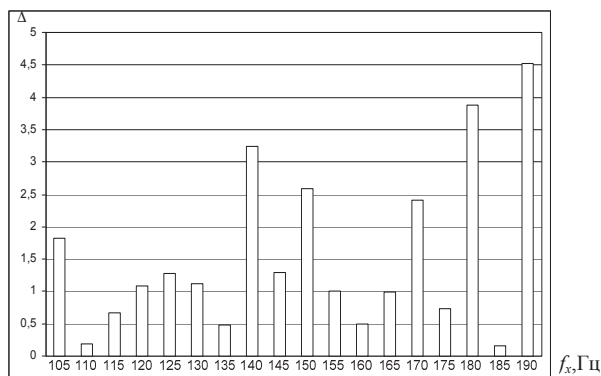


Рис. 4. Значення похибок в схемі відтворення натурального логарифму

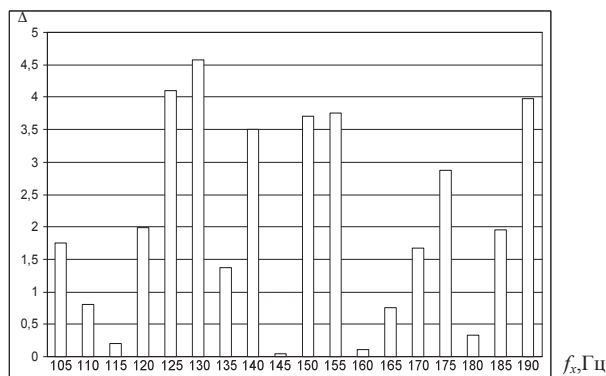


Рис. 5. Значення похибок в схемі відтворення експоненти

Як зазначалось вище, окрім похибки перетворення досліджувалась також швидкість завершення перехідного процесу. Дослідження проводилось при тих самих значеннях вимірювальної і тактувальної частот, тобто 105—190 Гц і 200 Гц відповідно. Результати досліджень показані на рис. 6 (для функції відтворення натурального логарифму) і рис. 7 (для функції відтворення експоненти). Як видно з графіків, перехідний процес завершується швидше при більших частотах, точніше при частотах, які найближче за значенням відповідають тактувальній.

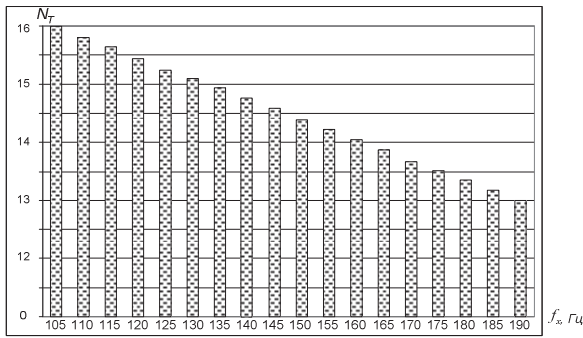


Рис. 6. Кількість тактів, необхідних для завершення перехідного процесу в схемі відтворення натурального логарифму

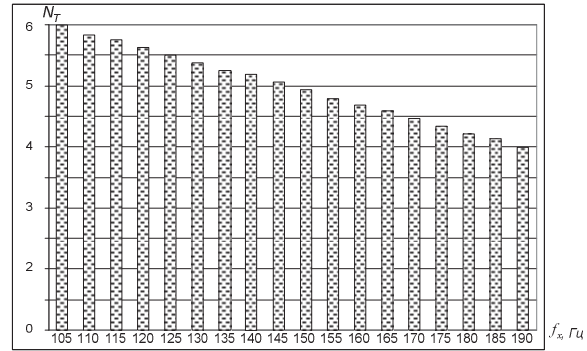


Рис. 7. Кількість тактів, необхідних для завершення перехідного процесу в схемі відтворення експоненти

Висновки

Отримані результати моделювання дають змогу проаналізувати характеристики запропонованих функціональних перетворювачів. Зокрема можна сказати, що точність перетворення, як для 10-ти розрядного лічильника, є задовільною. Також перехідні процеси завершуються доволі швидко (16 тактів для схеми відтворення натурального логарифма і 6 для експоненти). Проводячи моделювання роботи функціональних перетворювачів, були виявлені перспективні напрямки досліджень, зокрема це стосується пристрою порівняння і значень початкових умов. Також слід зазначити, що в схемі потрібно передбачити можливість реверсу лічильника. Така необхідність зумовлена тим, що зі збільшення частоти з більшої на меншу, для того щоб в результаті лічильника зафіксувався результат, він повинен переповнитись, а це додаткові затрати часу. Для цього достатньо застосувати схему, яка б відстежувала зміну частоти і за необхідністю перемикала лічильник в реверсний режим.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: Пер. с англ. под ред. Добрушина Р. Л. и Лупанова О. Б. — М.: Издательство иностранной литературы, 1963. — 829 с.
2. Динамическая теория информации. Основы и приложения. Боюн В. П. — Киев: Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, 2001. — 326 с.
3. Данчеев В. П. Цифро-частотные вычислительные устройства. — М.: Энергия, 1976. — 175 с.
4. Аналого-цифровые периферийные устройства микропроцессорных систем. Грушвицкий Р. И., Мурсаев А. Х., Смоллов В. Б. — Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1989. — 160 с.
5. Автоматические измерения и приборы. Орнатский П. П. — К.: Вища школа, 1971. — 552 с.
6. Введение в кибернетическую технику: Обработка физической информации / Под общ. ред. Малиновского Б. Н. — К.: Наук. Думка, 1979. — 256 с.
7. Системные преобразователи формы информации. Кондалев А. И. / Академия наук Украинской ССР Ордена Ленина институт кибернетики. — К.: Наукова думка, — 1974. — 335 с.
8. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. 2-е изд. — К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983. — 455 с.
9. Кирианаки Н. В., Дудыкевич В. Б. Методы и устройства цифрового измерения низких и инфранизких частот. — Львов: Издательское объединение «Вища школа», Изд. при Львовском государственном университете, 1975. — 187 с.
10. Дудыкевич В. Б. Число-импульсные измерительные преобразователи. Дис... д-ра техн. наук. — Львов, 1991. — 350 с.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2006, 25—28.09.2006 р.)

Надійшла до редакції 23.11.06
Рекомендована до друку 12.12.06

Будз Богдан Дмитрович — асистент, **Дудикевич Валерій Богданович** — завідувач кафедри.

Кафедра захисту інформації, Національний університет «Львівська політехніка»