

УДК 621.374

В.Б. Дудикевич, А.Е. Лагун

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Автоматика і телемеханіка”

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУР ЧИСЛО-ІМПУЛЬСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Дудикевич В.Б., Лагун А.Е., 2002

Наведено алгоритм автоматизованого імітаційного моделювання структур число-імпульсних функціональних перетворювачів, який дає змогу за системою диференціальних рівнянь Шеннона в автоматизованому режимі перевірити працездатність структури функціонального перетворювача та спрогнозувати метрологічні характеристики останнього.

In the article the algorithm of the automated simulation modeling of pulse-number functional converters frames is adduced. This algorithm allows behind a system of Shannon differential equations in the automated mode to test for serviceability frames of the functional converter and to forecast its metrology characteristics.

Під час автоматизованого структурного синтезу число-імпульсних функціональних перетворювачів (ЧІФП) виникає потреба перевірки працездатності і визначення прогнозу метрологічних характеристик синтезованої структури функціонального перетворювача.

Прогнозування метрологічних характеристик структур ЧІФП за допомогою імітаційного моделювання розглянуто в [1, 2]. Проте всі дослідження стосувались окремо вибраної структури ЧІФП і не відзначалися універсальністю.

Для забезпечення універсальності розроблено алгоритм автоматизованого імітаційного моделювання структур ЧІФП. Відразу зауважимо, що розроблений алгоритм не передбачає повністю автоматичного режиму моделювання. Причиною цього є проблематичність автоматичного розв'язування системи диференціальних рівнянь Шеннона [3] (у символічному вигляді), яка описує роботу синтезованої структури. Такий розв'язок вказує на ту функцію, яку відтворює структура (вона не завжди відповідає заданій). Це можна пояснити на прикладі, коли число-імпульсні послідовності з число-імпульсного дільника та помножувача [3] (у диференціальних рівняннях, які описують роботу цих пристроїв, масштабний коефіцієнт 2^n знаходиться, відповідно, в чисельнику та знаменнику) подаються на пристрій підсумовування або віднімання. У такому разі, розв'язавши систему диференціальних рівнянь Шеннона з урахуванням масштабних коефіцієнтів, одержати функцію, пропорційну до заданої, важко або неможливо взагалі.

Крім того, для деяких функцій існують особливості, пов'язані з початковими значеннями вхідних змінних та вмісту регістрів нагромаджуючих суматорів [4, 5]. Ці початкові умови істотно впливають на правильність функціонування число-імпульсних пристроїв. Ще однією проблемою є узгодження динамічних діапазонів базових число-імпульсних вузлів, що входять до складу досліджуваної структури ЧІФП. Наприклад, динамічний діапазон підінтегральної функції, в якому зберігається роботоздатність реверсивного число-імпульсного дільника (РЧІД), становить $- 2^n \dots 2^{n+1}$ [6]. Тому необхідно узгоджувати динамічні діапазони всіх число-імпульсних пристроїв з динамічними діапазонами РЧІД.

Отже, перед початком автоматизованого імітаційного моделювання потрібно розв'язати систему диференціальних рівнянь Шеннона з урахуванням масштабних коефіцієнтів 2^n і задати:

- вираз для функції, яку відтворює синтезована структура;
- початкові значення вхідних величин з урахуванням динамічних діапазонів роботи РЧД;
- оптимальні значення вмісту регістрів нагромаджуючих суматорів (стосується, передовсім, функцій експоненти та функції двох змінних вигляду x^y).

Наступним кроком є імітаційне моделювання, яке виконується для визначення максимального та мінімального значення похибки перетворення, а також значення зведеної похибки перетворення. Блок-схема алгоритму автоматизованого імітаційного моделювання структур ЧФП наведена на рисунку.

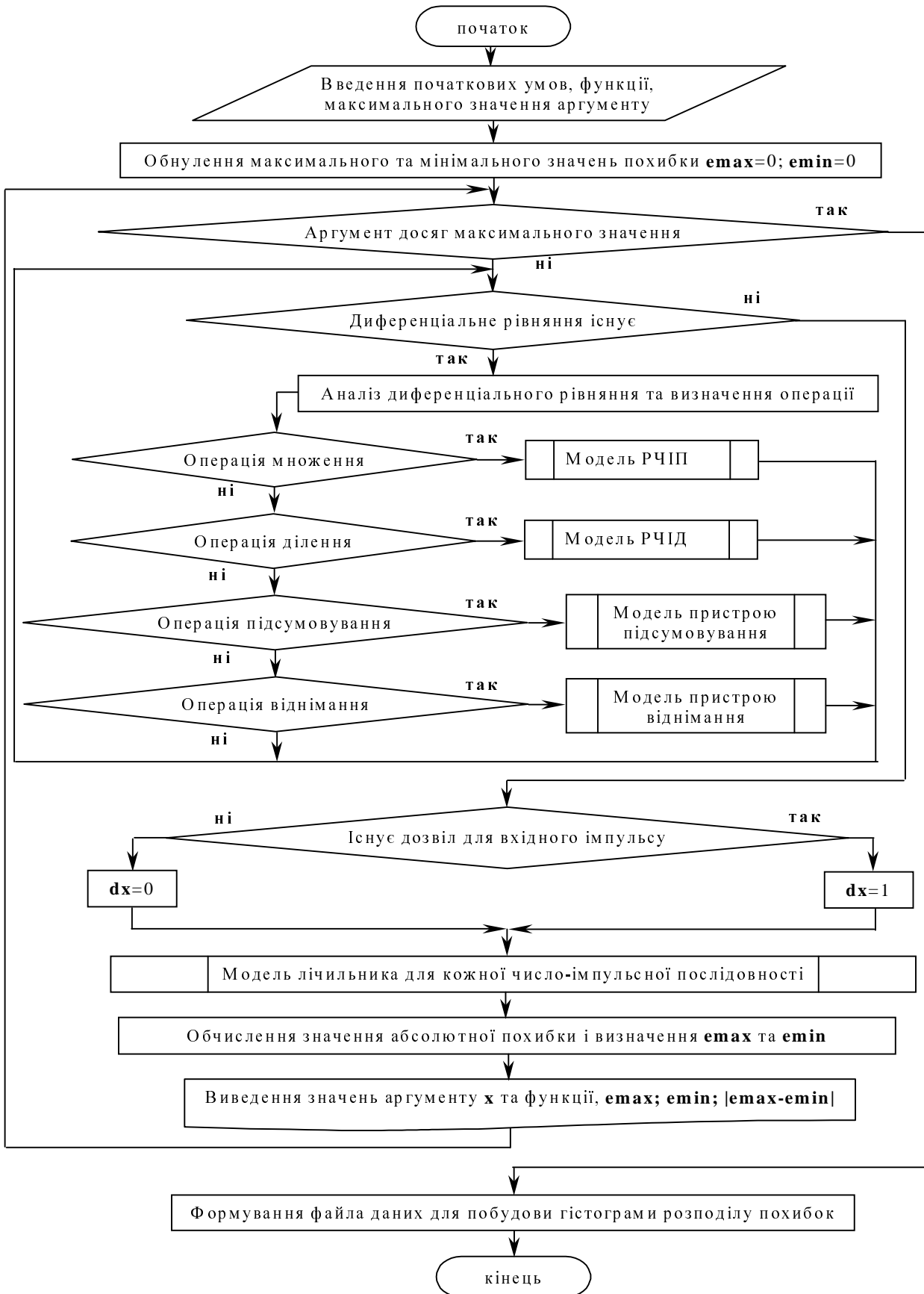
Вхідним параметром є система диференціальних рівнянь Шеннона, в якій необхідно змінити послідовність розташування диференціальних рівнянь, оскільки від цієї послідовності залежить послідовність виклику підпрограм імітаційного моделювання базових число-імпульсних пристроїв. Очевидно, що першими повинні спрацювати пристрої, на які подається приріст вхідної величини dx (аргумент функції, яка реалізується ЧФП), а потім пристрої, вхідними величинами яких є вихідні величини перших пристроїв і так далі. Відповідно до такої послідовності необхідно переставити рівняння системи диференціальних рівнянь Шеннона, що не відповідають потрібній послідовності.

Потім вводяться початкові умови і максимальне значення аргументу та виконується імітаційне моделювання структури ЧФП, під час якого послідовність одиничних приростів вхідної величини подається на вхід структури для одержання результуючої функції та похибки відтворення останньої.

Спочатку аналізується перше диференціальне рівняння і визначається арифметична операція в ньому. Якщо це операція множення, то для аналізу використовується імітаційна модель структури реверсивного число-імпульсного помножувача (РЧП). Ця модель працює з такими вхідними параметрами, як прирости вхідної величини та підінтегральної функції з відповідними знаками, значення підінтегральної функції, вміст регістра нагромаджуючого суматора та прапорцем, що визначає переповнення лічильника підінтегральної функції.

РЧП спрацьовує лише якщо на його вході існує приріст аргументу. Оскільки помножувач реверсивний і працює з приростами різних знаків, перевіряється знак добутку підінтегральної функції та вхідного приросту. Якщо знак від'ємний, то на нагромаджуючий суматор подається доповнювальний код підінтегральної функції, інакше – прямий код. Суматор підсумовує вміст регістра та лічильника підінтегральної функції. Якщо виникає переповнення суматора, вміст регістра зменшується на 2^n і повертається вихідний одиничний імпульс, інакше результат підсумовування записується в регістр і повертається нуль.

Якщо у диференціальному рівнянні системи Шеннона зустрічається операція ділення, то виконується імітаційне моделювання РЧД за допомогою розробленої імітаційної моделі, вхідними параметрами якої є ті самі параметри, що й для моделі РЧП, за винятком імпульсу зворотного зв'язку та параметра, що вказує, чи готова модель відпрацювати черговий імпульс вхідного число-імпульсного коду. Адже за певної комбінації знаків вхідних величин дільник є структурою, охопленою додатним зворотним зв'язком, і повинен між моментами надходження вхідних приростів встигати відпрацювати ті прирости, які сам генерує.



Блок-схема алгоритму автоматизованого імітаційного моделювання

Якщо підінтегральна функція додатного знака, перевіряється, чи прирости зворотного зв'язку та вхідної послідовності одного знака і відмінні від нуля. Якщо так, то ці прирости віднімаються пристроєм віднімання, тобто прирости зворотного зв'язку та вихідний дорівнюють нулеві. Інакше вхідний імпульс подається на вихід РЧІД і спрацьовує реверсивний ЧПІ у складі реверсивного дільника. Цей РЧПІ працює за алгоритмом, описаним вище, і формує новий імпульс зворотного зв'язку з виходу нагромаджуючого суматора.

Якщо підінтегральна функція від'ємна, в роботі моделі є особливості. Розглянемо їх. Якщо знаки імпульсів зворотного зв'язку та вхідної величини однакові, то на виході РЧІД та в зворотному зв'язку імпульсів немає. Інакше РЧІД з від'ємним зворотним зв'язком переходить в режим роботи РЧІД з додатним зворотним зв'язком. У такому разі приріст зворотного зв'язку не дорівнює нулеві і відбувається підсумовування цього приросту з вхідним приростом.

Якщо в диференціальному рівнянні системи Шеннона зустрічаються операції віднімання чи підсумовування, то спрацьовують імітаційні моделі пристроїв віднімання або підсумовування, які віднімають або підсумовують дві число-імпульсні послідовності.

Отже, після спрацювання однієї з моделей число-імпульсного пристрою одержимо вихідний приріст цієї моделі. Після проходження всієї системи диференціальних рівнянь матимемо результуючі вихідні прирости для одного імпульсу вхідної число-імпульсної послідовності.

На наступному кроці перевіряється чи дозволено обробляти наступний імпульс вхідної число-імпульсної послідовності і, якщо заборона існує, то структура синтезованого ЧФП обробляє згенеровані всередині структури імпульси.

Реалізований алгоритм автоматизованого імітаційного моделювання дає змогу формувати значення функції для кожного її приросту за допомогою лічильників.

Останнім кроком розробленого алгоритму автоматизованого імітаційного моделювання є встановлення значення абсолютної похибки, що є різницею між точним значенням результуючої функції для аргументу (обчисленим за виразом для функції, яку повинна відтворювати синтезована структура) і значенням, одержаним імітаційним моделюванням. Також обчислюються найбільші додатне та від'ємне значення абсолютної похибки перетворення, що необхідно для побудови гістограми розподілу похибок перетворення, і знаходиться максимальне значення зведеної похибки перетворення для синтезованої структури ЧФП.

1. Горпенюк А.Я., Дудикевич В.Б., Максимович В.М. *Моделювання процесу генерування функціональних залежностей в число-імпульсних функціональних перетворювачах (ЧФП)/ Тези доповіді// 6-а Українська конференція "Моделювання та дослідження стійкості систем". – К., 1995. – С. 32.* 2. Dudykevych V., Otenko V. *The pulse-numerical functional generators parametrical synthesis with imitative models application // Proc. Intern. AMSE Conf. "Applied Modelling & Simulation". – Lviv (Ukraine). – 1993. – P. 101 – 105.* 3. Дудикевич В.Б. *Число-імпульсні функціональні перетворювачі: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. - Львів, 1991.* 4. A.Gorpeniuk, V.Dudykevych, A.Lagun. *Wide-Range Sine-Cosine Functional Converter. // Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми засобів телекомунікацій, комп'ютерної інженерії та підготовки» TCSET'2000, Львів-Славськo, 2000. –С. 102 – 103.* 5. Горпенюк А.Я., Дудикевич В.Б., Лагун А.Е. *Експоненційний функціональний перетворювач покращеної точності. // Вісн. ДУ "Львівська політехніка", Львів. – 2000. – № 389. – С.58 –65.* 6. Горпенюк А.Я. *Реверсивні число-імпульсні функціональні перетворювачі: Автореф. дис. ... к-та техн. наук. – Львів, 1998.*