

УДК 004.05

Д.т.н., професор Романкевич О.М., к.т.н. Майданюк І.В.,  
студентка Цвяк А.О.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

## АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІЙ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА РІВНОВАГОВИХ ДВІЙКОВИХ ВЕКТОРІВ

### Abstract

*Olexiy M. Romankevich, prof., DcS.; Ivan V. Maidaniuk, PhD.;  
Alina O. Tsvyak, student*

*Forming functions algorithm for the constant-weight binary vectors generator*

*This paper concerns the algorithm for forming functions of the constant-weight generator. The structure of generator is considered. The algorithm for forming functions of the constant-weight binary vectors generator is reproduced and studied.*

### Вступ

Для управління складними та відповідальними об'єктами критичного застосування широко використовується відмовостійкі реконфігуровні багатопроцесорні системи (ВБС). Такі системи здатні гарантувати високий рівень надійності при ефективнішому використанні ресурсів. Проте розрахунок їх надійності досить часто являється нетривіальною задачею. В залежності від класу ВБС різні методи розрахунку надійності можна застосовувати з різним ступенем ефективності, але існують й універсальні методи, одним з яких є метод статистичних експериментів з моделями, що адекватно відображають реакцію ВБС на появу відмов її елементів.

Деякі модифікації методу статистичних експериментів досягають більшої ефективності [1] за рахунок скорочення множини станів, на якій проводиться експеримент, порівняно з класичною реалізацією методу. Таке підвищення ефективності особливо відчутно для великих систем зі складною ієрархічною організацією. Однією з особливостей цих методів є використання спеціальних засобів моделювання станів системи. Стан системи позначається двійковим вектором (0 – відмова елемента).

Для генерування таких двійкових векторів можна використовувати генератор випадкових чисел із заданим (найчастіше рівномірним) законом розподілу. Головною характеристикою генератора, яка дає можливість

застосовувати його у згаданих модифікаціях методу статистичних експериментів, є формування послідовності векторів сталої ваги.

Для організації ефективного розрахунку імовірності безвідмовної роботи (ІБР) системи управління складними та відповідальними об'єктами методом статистичних експериментів доцільно використання швидкого генератора рівномірно розподілених двійкових векторів заданої ваги, що не повторює свої стани.

### Структура генератора

Одним із рішень, що задовольняє вказаним вимогам, можна вважати апаратний формувач двійкових векторів, в основу якого покладено циклічний зсувний регістр з можливістю виключення (затримки) із зсуву, що виконується, певної множини розрядів.

У кожному такті, в загальному випадку, здійснюється послідовний циклічний зсув вмісту регістра праворуч, при цьому якщо  $i$ -й розряд в даному такті  $t$  не приймає участі в зсуві, то його значення фіксується.

Загальна схема такого генератора представлена на рис. 1.

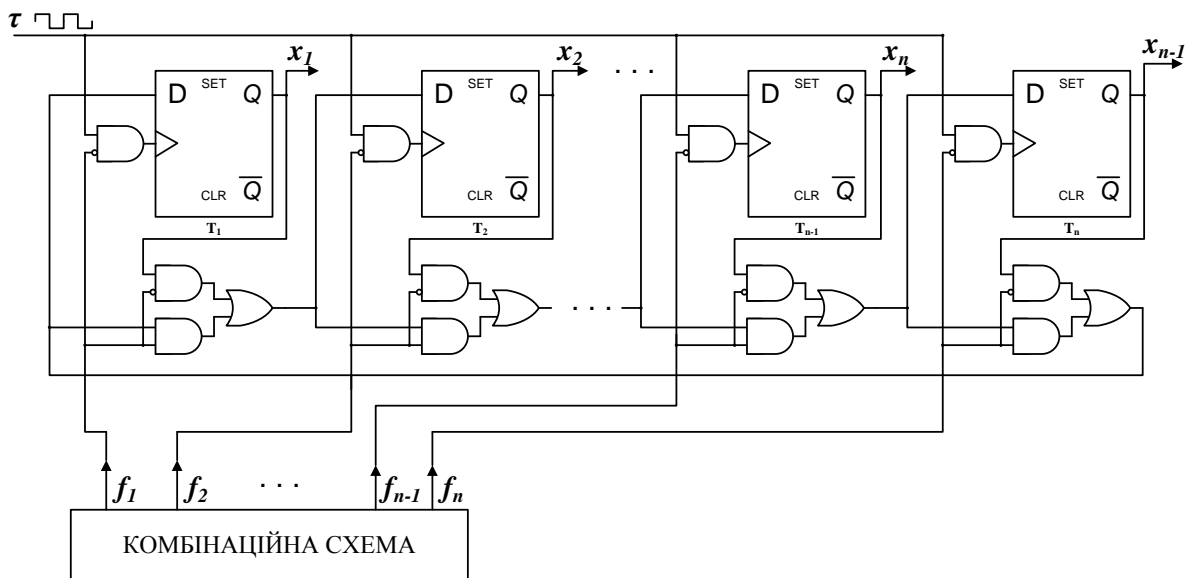


Рис. 1. Загальна схема генератора

### Постановка задачі

Генератор описаної структури, незалежно від функцій управління ( $f_i$ ), є швидким (завдяки апаратній реалізації), рівноваговим і з рівномірним законом розподілу генерованих ним векторів. Проте саме функція управління визначає порядок формування векторів, а також можливість їх

повторення і повноту вибірки. Саме тому головною задачею при побудові такого генератора є пошук функції управління.

Зрозуміло, що вимога безповторності еквівалентна тому, що період генератора дорівнює  $C_n^k$ , де  $n$  – кількість розрядів генератора, а  $k$  – вага векторів.

По суті можна виділити два головних алгоритма знаходження функції, що задовольняє вказаній вимозі безповторності:

- перебором, тобто підстановкою функції з подальшою її перевіркою шляхом моделювання роботи генератора і визначення періоду;
- пошук гамільтонового циклу в орграфі можливих переходів генератора, в вершинах якого знаходяться двійкові вектори, а дуги позначають можливість прямого переходу з одного стану в інший.

Другий метод ліпший в плані можливостей для пошуку більш простої функції, проте потребує часу для побудови графу переходів і його аналізу. Таким чином, пошук алгоритму, що дозволить формувати функцію управління без моделювання роботи генератора та без побудови графу переходів, є досить цікавою та актуальною задачею.

### **Алгоритм формування функції**

В роботі [2] наведено ряд визначень та доведено ряд положень. Зокрема, доведено, що функція управління, яка здатна генерувати безповторну послідовність, існує завжди. Також доведено і показано ряд властивостей таких функцій. Опираючись на приведені в роботі визначення запропонуємо алгоритм формування таких функцій.

Головна ідея представленого далі алгоритму полягає в формуванні так званих десяткових  $\rho$ -кодів (що позначають відстані між сусідніми одиницями у векторах) зсувних груп (S-груп). Далі відбувається впорядкування  $\rho$ -кодів, і на основі такого впорядкування вибираються відповідні вектори, на яких шукана функція буде приймати одиничне значення.

### **Опис алгоритму**

Приведений далі алгоритм формування функції  $f \in F$  (клас безповторних функцій) справедливий для випадку  $2 < k < 5$ :

1. Сформувати  $\rho$ -коди всіх S-груп, тобто отримати всю множину  $Z_n^k$ .
2. Впорядкувати їх за зростанням та записати в групу Z.
3. Сформувати всі групи  $Z(z_1, z_2, \dots, z_{k-2})$ .

4.  $\forall Z=Z(z_1, z_2, \dots, z_{k-2})$  виконати перетворення:  $Inc_{k-1}(A) \rightarrow Y \quad \forall A \in Zx/A_{max}$ , де  $A_{max}$  – максимальний вектор з множини  $Zx$ ,  $F=F \cup Y$ .
5.  $r:=k-2$ .
6.  $r:=i-1$ .
7. Сформувати всі групи  $Z(z_1, z_2, \dots, z_r) = \bigcup Z(z_1, z_2, \dots, z_r, z_{r+1})$ .
8.  $\forall Zx \in Z(z_1, z_2, \dots, z_r)/Z(z_1, z_2, \dots, z_r, z'_{r+1})$  з усіх  $A \in Zx$  обрати тільки один и виконати перетворення  $Dec_{i-1}(A) \rightarrow Y$ ,  $F=F \cup Y$ ,  $z'_{r+1}$  максимальне значення  $z_{r+1}$ .
9. Якщо  $i \geq 1$ , перейти до п.б.
10.  $f = \bigvee_F K(Y)$ .

де  $Z$  – впорядкована група  $\rho$ -кодів,  $Inc$  та  $Dec$  – операції над  $\rho$ -кодами, що відповідають зсуву з затримкою першого розряду векторів із зсувних груп,  $Y$  – двійковий вектор,  $K$  – конститuenta одиниці.

## Висновки

Представлений алгоритм дозволяє формувати певну підмножину функцій управління, що породжують неповторну послідовність рівновагових векторів. Головною перевагою алгоритму є можливість сформувати функцію без побудови графу переходів та моделювання роботи генератора. Проте ваговим недоліком є те, що сформовані функції управління є зазвичай складними і погано піддаються мінімізації. Одним із можливих напрямком подальшої роботи можна вважати перевірку та доведення коректності роботи алгоритму для  $k > 5$ .

## Література

1. Романкевич А.М., Романкевич В.А., Фесенюк А.П. Об одном методе расчета показателей надежности отказоустойчивых многопроцессорных систем // УСиМ. – 2011. – № 6. – С.14-18, 37.
2. Романкевич В.А., Майданюк И.В. Структурный метод формирования двоичных псевдослучайных векторов заданного веса // УСиМ. – 2011. – № 5. – С. 28-33, 58.