

## ОЦІНЮВАННЯ ЧАСОВОЇ СКЛАДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ТА ІНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРИДАТНОСТІ РЕК

Крепич С.Я.<sup>1)</sup>, Співак І.Я.<sup>2)</sup>

*Тернопільський національний економічний університет*

<sup>1)аспірант; <sup>2)к.т.н., доцент</sup></sup>

### I. Вступ

Технічні чи радіотехнічні пристрої, в тому числі і радіоелектронні кола (РЕК), виготовляють з розрахунку їх довгострокового використання для практичних цілей. Будь-який пристрій, який розглядають з точки зору функціональної придатності, є об'єктом. Кожному об'єкту поставлена у відповідність певна функція чи набір функцій, котрі полягають у виконанні певного процесу. Звідси функціональна придатність – це властивість об'єкту(системи) зберігати в просторі та часі в встановлених межах значення всіх параметрів, котрі характеризують здатність виконувати певні функції в заданих режимах та умовах експлуатації [1].

На сьогоднішній день для оцінювання функціональної надійності РЕК використовується ряд методів, зокрема параметричних методів, серед яких найбільш відомим є метод Монте-Карло, а також методи аналізу інтервальних даних.

### II. Постановка задачі

Як відомо суть методу Монте-Карло полягає в розрахунку показника функціональної придатності РЕК на основі обчислення багатовимірного інтеграла залежного від кількості характеристик об'єкту [2]. Наприклад, для оцінювання функціональної придатності РЕК, яке складається з двох елементів, параметри яких розділені за нормальним законом розподілу, необхідно обрахувати подвійний інтеграл з межами безмежності функції виду:

$$f(x, y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-m_y)^2}{2\sigma_y^2}} \quad (1)$$

де  $\sigma_x, \sigma_y$  - головні квадратичні відхилення (або діагональні елементи коваріаційної матриці);

$M = (m_x, m_y)$  - координати центру розсіювання параметрів[3].

Основу методу складає генератор випадкових чисел. Генератор випадкових чисел – алгоритм, який генерує послідовність, елементи якої майже незалежні одна від одної і відповідають заданому закону. Метод Монте-Карло має ряд переваг, серед яких проста схема обчислювального алгоритму, врахування в повній мірі функціонування досліджуваних об'єктів, незначна чутливість до випадкових відмов машин в процесі рішення.

Однак поруч з перевагами метод Монте-Карло має ряд суттєвих недоліків, серед яких варто відмітити втрату точності результатів, пов'язану з помилками заокруглення, а також часові витрати, які необхідні для генерації великої кількості наборів випадкових значень характеристик РЕК.

Останнім часом особливого розвитку для оцінювання функціональної придатності РЕК використовують методи аналізу інтервальних даних. Застосування цих методів ґрунтується на припущенні, що випадкові відхилення параметрів РЕК від номінальних значень розподілені за нормальним чи логарифмічно-нормальним законом розподілу.

Суть застосування методу аналізу інтервальних даних полягає у побудові довірчих еліпсоїдів розсіювання параметрів радіоелементів від номінальних значень і співставленні допускової області із допусковою областю, яку знаходять шляхом апроксимації реальної допускової області областю у вигляді еліпсоїда. При цьому реальна допускова область формується на основі встановлених обмежень на відхилення характеристик РЕК від номінальних та функціональної залежності між цими характеристиками і параметрами РЕК.

Наприклад, для оцінювання функціональної придатності РЕК складеного з двох паралельно з'єднаних елементів  $R$  та  $C$  з заданими номінальними значеннями необхідно встановлення вимоги до функціональної придатності РЕК, для прикладу імовірність відхилення коефіцієнта передачі виду:

$$|K| = \frac{1 + R^2 w^2 C^2}{R^2 + w^2 C^2} \Rightarrow K_{oi} = \sqrt{\frac{1 + R^2 w^2 C^2}{R^2 + w^2 C^2}} \quad (2)$$

Провівши лінеаризацію характеристики в околі номінальних значень, отримаємо інтервальну систему лінійних алгебраїчних рівнянь складеної із нерівностей виду:

$$\partial K_i^- \leq \sum_{j=1}^m S_{ij} \cdot \partial b_j \leq \partial K_i^+, i = 1, \dots, N \quad (3)$$

Розв'язком такого ІСЛАР є множина допустимих відхилень параметрів РЕК від номінальних, яка у просторі параметрів, для 2-х вимірному випадку, набуде вигляду многогранника. До вказаної області застосовується схема апроксимації допускової області за допомогою допускового еліпсоїда, описаного у праці [4], еліпсоїдом виду:

$$Q(\alpha, m) = \{ \bar{\delta b} \in R^n \mid (\bar{\delta b} - \bar{\delta b})^T \cdot D(\bar{\delta b}) \cdot (\bar{\delta b} - \bar{\delta b}) \leq \chi^2(\alpha, m) \} \quad (4)$$

де  $\chi^2(\alpha, m)$  - квантиль  $\chi^2$  -розподілу.

### III. Приклад застосування

За допомогою технології програмування .NET у середовищі Microsoft Visual Studio була розроблена програма перевірки оцінювання функціональної придатності РЕК за допомогою методів Монте-Карло та методів довірчих еліпсоїдів. На рис.1. показано наочне порівняння двох методів.

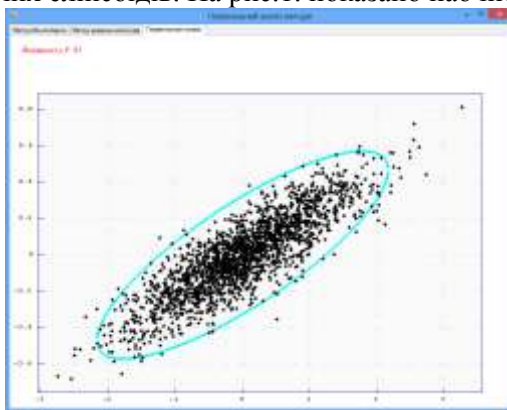


Рисунок 1 - Графічне порівняння двох методів та імовірності їх схожості

На рис.2. показано порівняння часової складності виконання задачі оцінювання РЕК за допомогою методу Монте-Карло та методу довірчих еліпсоїдів.



Рисунок 2 - Часова складність методів

### Висновки

В праці розглянуто основні особливості методів оцінювання функціональної придатності РЕК на основі параметричного та інтервального підходів. Показано за допомогою програмного забезпечення графічне та кількісне порівняння даних методів, а також встановлено, що суттєвою перевагою методу довірчих еліпсоїдів виступає низька часова складність методу, як це показано на рис.2.

### Список використаних джерел

1. Бичков А.А. Надійність систем і пристроїв.: Навчальний посібник. – Ростов-на-Дону, 2008. – 84с.
2. Воропай О.Ю. Математичне забезпечення автоматизованих процедур призначення допусків при проектуванні радіоелектронних пристроїв частотної селекції./Автореф.дис. канд.техн.наук О.Ю.Воропай. – Львів, 2008. – 20с.
3. Венцель Е.С.Теорія ймовірності. Видавництво «Наука», Москва, 1969. – 576с.
4. Дивак М.П. Задачі математичного моделювання статичних систем із інтервальними даними. – Тернопіль: Видавництво ТНЕУ «Економічна думка», 2011. – 216с.