

## Використання методу логіко-імовірнісного моделювання в діагностиці мікросистем

Немченко В. П.

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

ВСТУП. Сьогодні МЕМС (мікроелектромеханічні системи) є типовим представником мікросистем. Вони набули глобального застосування у всіляких побутових приладах. Однією з головних вимог до таких систем є їх надійність. Одним з напрямків її підвищення є діагностика (прогностика) систем [1].

Також МЕМС використовують у мережах IoT (Internet of Things). Але класичні методи діагностики не завжди є тут застосовуваними. Одним з напрямків підвищення надійності мікросистем є використання методу логіко-імовірнісного моделювання (ЛІМ) [2]. Пропонується інший підхід до діагностики мікросистем — метод ЛІМ з використанням апарату булевої логіки.

1. Дерево подій системи. В основі методу ЛІМ покладено поняття Дерево Подій (ДП), яке надає причинно-наслідкові зв'язки відмов системи. Метод ДП дозволяє відслідковувати небезпечні ситуації в системі.

У ДП певна відмова системи  $F$  є наслідком відмов, що її провокують (відмови  $A, B$ , тощо). Відмови  $A$  і  $B$  спричиняються відмовами з множини  $\{C, D, E, \dots\}$  та множинами подій  $\{X_i\}$ . Будується ДП з вихідною вершиною  $F$ , множиною вершин  $\{A, B, C, \dots\}$  і множиною подій  $\{X_i\}$ , тобто граф, де вершини є відмовами системи, а на входах цих вершин — вхідні події, що їх провокують. Також є вершини типу OR (АБО) та AND (І). Тип вершини визначають яким чином вхідна інформація впливає на наступну (“або”, чи “і”). Отже ДП можна задати як булева функція, що описує залежність вихідної функції  $F$  від відмов  $\{A, B, C, \dots\}$  та від множини подій  $\{X_i\}$ . Маючи булеву функцію, можемо використати апарат булевої алгебри для спрощення та мінімізації функції, синтез цифрової схеми на основі цієї функції, тощо.

Використаємо схемну інтерпретацію булевої функції на базі ДП системи. Завдяки цьому можливо застосувати метод — активізації шляхів схеми (автор J.P. Roth) [3].

2. ЛІМ-моделювання. Метод ЛІМ надає можливість управління живучістю складної системи. Річ йде про можливість прогнозування поведінки системи у часі. Задля цього потрібно визначити величину ймовірності даної відмови блоку. ЛІМ дозволяє наочно побачити ймовірність виникнення заданої відмови у залежності від подій, що мають місце на входах системи. Ми можемо проаналізувати і приблизно оцінити виникнення реальної відмови у залежності від конкретної події на входах. Скористаємося булевою функцією з ДП.

Відомий приклад використання ДП для розрахунку ймовірності вихідних подій у системі - система де людина працює з електричним обладнанням [4]. Покажемо використання ЛІМ для оцінки імовірності даної події в системі. Будемо вважати, що відмова F є небажаною. Її спричиняють події A1, A2, A3 та передумови X5, X6 і X7. Аналіз ДП полягає у виявленні умов, мінімально необхідних і достатніх для виникнення (або ні) події F. Модель може давати кілька мінімальних поєднань вихідних подій, що призводять до даної події.

Функція F має вигляд  $F(x) = A1 + A2 + A3 = X1X2 + X3X4 + X5X6X7$ . Схемну реалізацію функції F (див. рис. 1).

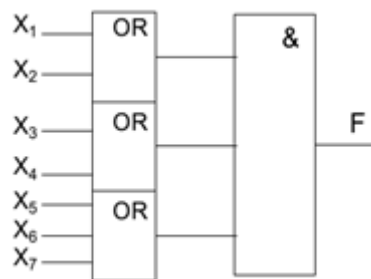


Рисунок 1 – Схемна реалізація дерева подій

Тут “0” та “1” - наявність чи відсутність події. “D” є послідовність у часі 0/1. “U” свідчить про незалежність наступної події від даної. Набір вхідних D-векторів для F наведено у табл. 1.

Таблиця 1 - Набір D-векторів

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	F
D	0	1	U	1	U	U	D
0	D	1	U	1	U	U	D
...	...	...	...	...	...	...	...
1	U	1	U	0	0	D	D

Розглянута вище формула надає можливість визначити ймовірність F. Функція імовірності події  $\epsilon P_F = P_1 \& P_2 \vee P_3 \& P_4 \vee P_5 \& P_6 \& P_7$ , де  $P_i$  - ймовірність вхідної події  $X_i$ . Нехай всі вхідні події  $X_i$  мають однакову ймовірність, що дорівнює 0,1. Тоді ми отримаємо  $P_F \approx 0,0201$ . Таким же чином ми можемо підрахувати значення для ймовірностей  $A_1$ ,  $A_2$  і  $A_3$ . Отже  $A_1=A_2=0,01$ ;  $A_3=0,001$ .

### ВИСНОВКИ

Перевага методу - відносна простота і наочність моделювання на основі ЛПМ, що надає можливість попереднього розрахунку ймовірностей подій які можуть мати місце у роботі системи. Також можна прогнозувати надійність складних систем з попереднім розрахунком параметру надійності системи при різних вхідних подіях. Перспективним, на погляд автора є підхід до активізації шляхів у ДП методом булевих похідних логічної функції.

### Література

1. Хаханов В.И., Литвинова Е.И., Чумаченко С.В. Надежность и тестопригодность микросистем [Текст] // В.И. Хаханов, Е.И. Литвинова, С.В. Чумаченко. - Харьков: ХНУРЭ. - 2015. - 162 с.
2. С. Кривий. Дискретна математика. Вибрані питання. 2010. - 572 с.
3. J.P. Roth. Testing and verification. / Computer Press. 1983 - 176 p.
4. Ветошкин А.Г. Нормативное и техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности. Учебно-практическое пособие: В 2-х ч. Ч. 1. - М.:Инфра-Инженерия, 2017. - 470 с. ISBN 978-5-9729-0162-3.