

## РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНИХ СІЧЕНЬ ДЛЯ ВІДМОВОСТІЙКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СТРУКТУРНО-АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ

*Волочій Б. Ю., д.т.н., проф.; Озірковський Л. Д., к.т.н., доц.; Мащак А. В., аспірант; Шкілюк О. П., аспірант; Кулик І. В., асистент.  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

Для усунення чи мінімізації наслідків відмов відмовостійких систем необхідно встановити сукупність підсистем чи модулів, вихід з ладу яких призводить до краху системи в цілому. Для цього потрібно врахувати комбінації подій, які можуть призвести до виникнення відмови. Такі поєднання подій можна отримати використовуючи мінімальні січення [4], які визначаються на основі аналізу дерева відмов [1]. Однак, слід відзначити, що побудова дерева відмов є ручною та вимагає великих часових затрат.

В результаті аналізу дерева відмов отримують мінімальні січення, і на їх основі стає можливою модернізація системи в наслідок чого можна зменшити потенційні небезпеки шляхом введення додаткової надлишковості, організації технічного обслуговування тощо [1].

Альтернативою дереву відмов є марковські моделі [2]. Такі моделі дають змогу отримати розподіл ймовірностей перебування в станах. На основі цього можна знайти комбінації подій, котрі будуть аналогічними мінімальним січенням для даної відмовостійкої системи.

Аналітична побудова марковських моделей вимагає великих часових затрат, однак існують технології, що дозволяють отримати марковські моделі автоматизованим способом [2, 3] на основі структурно-автоматної моделі (САМ) [2].

Отже, актуальною є автоматизована побудова мінімальних січень на основі САМ.

Для отримання мінімальних січень на основі САМ розроблено відповідну методику яку було апробовано на прикладі відмовостійкої системи, яка складається з п'яти модулів  $A, B, C, D, E$ . Модулі  $A, B, D$  — є основною робочою конфігурацією, яка забезпечує виконання цільової функції системи і з точки зору надійності з'єднані послідовно, а модулі  $C$  і  $E$  — резервні. Модулі  $A$  і  $B$  зарезервовані модулем  $C$ . Вся система зарезервована модулем  $E$ . Усі модулі мають однакову інтенсивність відмови  $\lambda = 0,001$  та період спостереження становить  $T = 100$  год.

На основі розробленої САМ та застосування програмного модуля *ASNA* було отримано ймовірності перебування у кожному стані. Ймовірність перебування у стані відмови буде рівною ймовірності відмови системи:  $Q_{\text{заг}} = 1 - 0,9894 = 0,01061$ . На основі логічного аналізу структурної схеми надійності було визначено, що при виході з ладу модулів  $E$  і  $D$  система відмовить в цілому. Далі, визначено дві наступні комбінації також

призведуть до відмови системи в цілому — *ACE* та *BCE*. Отже, ці три комбінації становитимуть мінімальні січення. Підставивши у САМ замість умови відмови логічний вираз мінімального січення *DE*:  $((V4=0) \text{ AND } (V5=0))$  було отримано значення комбінації відмови модулів *E* та *D*. Аналогічно підставивши в умову відмови логічні вирази січень *ACE* та *BCE* отримаємо розраховані мінімальні січення показані в табл. 1.

Таблиця 1  
Мінімальні січення системи

	Модулі, що відмовили	Кількість елементів, що відмовили	Значення мінімальних січень	Процентне значення, %
1	E, D	2	0,009	84,6
2	A, C, E	3	0,00084	7,92
3	B, C, E	3	0,00084	7,92

Верифікація отриманих результатів проводилась за допомогою спеціалізованого програмного комплексу *RAM Commander* фірми *A.L.D. Service*. За структурною схемою надійності було створено дерево відмов і засобами *RAM Commander* отримано мінімальні січення. Проведене дослідження показало, що розраховані значення мінімальних січень в програмному комплексі *RAM Commander* співпадають із значеннями отриманими в результаті використання методики побудови мінімальних січень на основі САМ.

Отже, мінімальні січення можна отримати на основі структурно-автоматної моделі без побудови дерева відмов. При зміні структури чи поведінки системи дерево відмов необхідно повністю перебудувувати а використовуючи дану методику потрібно лише внести відповідні зміни у множину формальних параметрів та дерева правил модифікацій структурно-автоматної моделі.

### Література

1. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска: Пер. с англ./ Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. — М. : Машиностроение, 1984. — 528 с.
2. Волочий Б. Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем. — Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2004. — 220 с.
3. Половко А. М. Основы теории надёжности / А. М. Половко, С. В. Гуров // БХВ-Петербург, 2006. — 704 с.
4. R. Allen Long Variants of Classical Cutsets Characterization, Proceedings of 21th Interantional System Safety Conference, 2003 — pp. 396 — 406.