

КОНСТРУЮВАННЯ РАДІОАПАРАТУРИ

УДК 621.396.6.019.3+519.87

ОЦІНКА ІМОВІРНСТІ ПРОСТОЮ РЕЗЕРВОВАНИХ СИСТЕМ З ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ

Озірковський Л.Д.¹, к. т. н. доцент; Панський Т.І.², Сидорчук О.В.³
Національний університет 'Львівська політехніка', м. Львів, Україна

Дуже часто при виборі ефективної стратегії підвищення надійності відмовостійких систем розробники стикаються з простим систем при проведенні їх ремонту чи технічного обслуговування. При відмові модуля без автоматичної заміни його резервним система є непрацездатною. Щоб вивести систему з цього стану потрібно затратити значний час: приїзд ремонтника чи ремонтної бригади, пошук відповідного резервного модуля, заміна несправного модуля тощо. Протягом цього часу система не працює, хоча може бути і справною. Цей стан і називається простоем.

До таких систем відносяться:

- Базові станції мобільного зв'язку (GSM, CDMA)
- Системи зберігання інформації (RAID- масиви)
- Системи обробки інформації (телекомунікаційне обладнання)

Особливістю таких систем є те, що вони перебувають в станах коли модулі системи можуть бути не працездатними і в цей час проводиться або очікується ремонт, і лише вичерпання можливих ремонтів призведе до катастрофічної відмови.

Постановка задачі

Актуальною задачею для таких систем є мінімізація простою. Простій оцінюється імовірністю простою, яка в свою чергу залежить від λ (інтенсивності відмови модулів системи), та μ (інтенсивності технічного обслуговування).

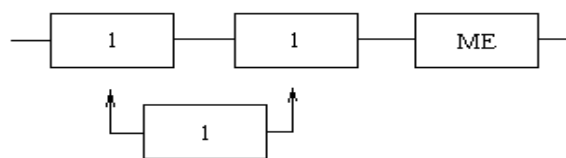


Рис.1 Структурна схема надійності

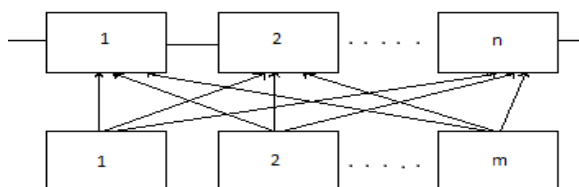


Рис.2 Структурна схема надійності відмовостійкої системи m/n елементів

Для мінімізації простою необхідно правильно підібрати відношення λ/μ . Для цього необхідно розробити моделі для оцінки показників надійності: функції готовності та імовірності простою.

Об'єктом розгляду є дві системи:

1. відмовостійка система мажоритарною структурою (МС), що

працює за принципом 2 з 3-х і складається з однотипних модулів робочої конфігурації, які забезпечують реалізацію алгоритму функціонування із заданим рівнем якості, а також мажоритарного елемента [2,3,4]. Структурна схема надійності ВС з МС на рис 1.

2. відмовостійка радіоелектронна система з n однотипних модулів, яка має ковзний резерв з m модулів. В подальшому будемо називати таку відмовостійку систему - m/n . Забезпечується відновлення (необмежене, обмежене) модулів системи, які вийшли з ладу [2,3]. Структурна схема надійності відмовостійкої системи m/n елементів на рис 2.

Побудова моделі та дослідження показників надійності

Для оцінки показників надійності відмовостійких резервованих систем з простим необхідно побудувати їх структурно-автоматні моделі. (САМ) Побудова САМ здійснюється згідно [1]. Побудовані САМ для відмовостійкої системи з мажоритарною структурою представлено в табл. 1, для системи з однотипних модулів і ковзним резервом – в табл. 2.

Таблиця 1
Структурно-автоматна модель відмовостійкої системи з мажоритарною структурою

Event	Condition	Formula	Alternative:	Modification
Відмова осн. мод.	$(V1 > 1) \text{ AND } (V2 = 0)$	$V1 * L$	1	$V1 := V1 - 1; V4 := V4 + 1$
	$(V1 > 1) \text{ AND } (V2 > 0)$	$V1 * L$	1	$V1 := V1 - 1; V4 := V4 + 1$
Відмова резерву	$V2 > 0$	$V2 * L$	1	$V2 := V2 - 1; V4 := V4 + 1$
Відмова маж. ел.	$V3 > 0$	$V3 * Lm$	1	$V3 := V3 - 1; V5 := V5 + 1$
Відновлення	$V4 > 0$	$V4 * M$	1	$V4 := V4 - 1; V2 := V2 + 1$
підключення	$(V2 > 0) \text{ AND } (V1 < N)$	$1 / Tr$	1	$V1 := V1 + 1; V2 := V2 - 1$

Таблиця 2
Структурно-автоматна модель відмовостійкої системи з однотипних модулів і ковзним резервом

Відмова осн. модуля	$(V1 > 2) \text{ AND } (V2 > 0)$	$L1 * V1$	1	$V1 := V1 - 1; V3 := V3 + 1$
	$(V1 > 2) \text{ AND } (V2 = 0)$	$L1 * V1$	1	$V1 := V1 - 1; V3 := V3 + 1$
Ремонт модуля	$V3 > 0$	$M1 * V3$	1	$V2 := V2 + 1; V3 := V3 - 1;$
відмова рез. модуля	$V2 > 0$	$L2 * V2$	1	$V2 := V2 - 1; V3 := V3 + 1$
підключення	$(V2 > 0) \text{ AND } (V1 < N)$	$1 / T$	1	$V2 := V2 - 1; V1 := V1 + 1$

Скомпілювавши відповідні моделі в програмному модулі ASNA отримаємо результат у вигляді графів станів та переходів. З рис.3 видно що вектор $V1$ приймає значення 2, але система m/n при цьому значенні повинна бути неробоча.

1	: V1=3; V2=2; V3=0; V4=2
2	: V1=2; V2=2; V3=1; V4=2
3	: V1=2; V2=3; V3=0; V4=1
4	: V1=3; V2=1; V3=1; V4=2
5	: V1=3; V2=0; V3=2; V4=2
6	: V1=2; V2=1; V3=2; V4=2
7	: V1=2; V2=0; V3=3; V4=2
8	: V1=2; V2=2; V3=1; V4=1
9	: V1=2; V2=1; V3=2; V4=1
10	: V1=2; V2=0; V3=3; V4=1
11	: V1=3; V2=2; V3=0; V4=1
12	: V1=3; V2=1; V3=1; V4=1
13	: V1=3; V2=0; V3=2; V4=1
14	: V1=3; V2=2; V3=0; V4=0
15	: V1=3; V2=1; V3=1; V4=0
16	: V1=3; V2=0; V3=2; V4=0

Рис. 3 Специфікація станів відмовостійкої системи з однотипних модулів і ковзним резервом

ная λ до μ , при якому цей пік буде якомога меншим.

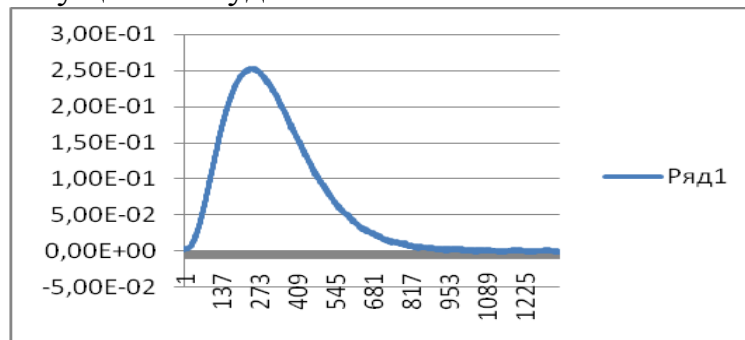


Рис. 4 Залежність імовірності простою від часу для відмовостійкої системи з однотипних модулів і ковзним резервом

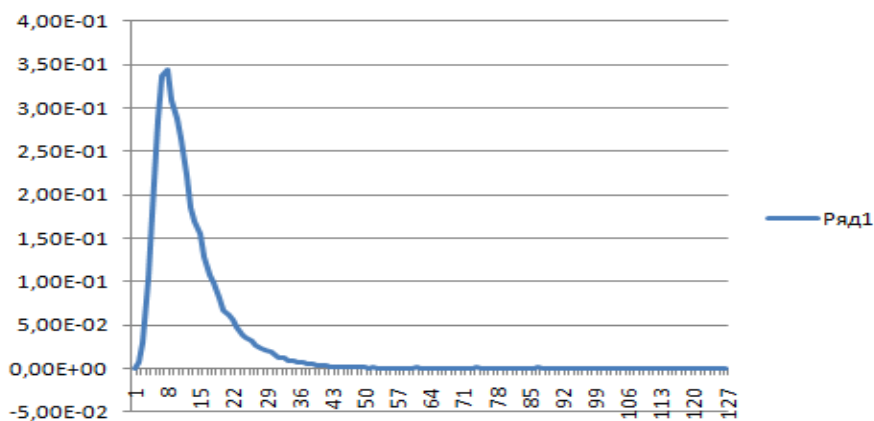


Рис. 5 Залежність імовірності простою від часу для ВС з МС з необмеженим відновленням

Дослідження показників надійності проводиться для таких вхідних даних $\lambda=(1000 \cdot \mu; 100 \cdot \mu; 10 \cdot \mu; 1 \cdot \mu; 0.1 \cdot \mu; 0.01 \cdot \mu; 0.001 \cdot \mu)$ при умові, що час підключення рівний часу ремонту ($T_p=T_n$) та при обмеженому і необмеженому відновленні.

Ці стани і є стани простою. Експортуємо дані з ASNA в електронні таблиці Excel і сумуємо в кожен момент часу ті імовірності, які відповідають за стан простою (стани 2,3,6,7,8,9,10) і будемо залежність імовірності простою від часу.

З рис. 4-5 видно, що імовірність простою має пік. Тому потрібно знайти таке оптимальне відношення

Розроблені САМ є вхідними даними для програмного модуля ASNA, який автоматизовано генерує відповідні графи станів і переходів, формуле та розв'язує системи диференційних рівнянь Колмогорова-Чепмена. В результаті отримуємо розподіл ймовірностей перебування системи у станах. Проаналізувавши отриманий розподіл можна виявити стани в якій система є непрацездатною, бо відбувається ремонт, однак катастрофічна відмова не наступила. Ці стани і є станами простою.

Побудувавши моделі для кожної відмовостійкої системи отримано максимальні значення простою для відмовостійкої системи на базі мажоритарної структури (табл. 3) та для системи з однотипних модулів з ковзним резервом (табл. 4).

Таблиця 3

	Необмежене відновлення			Обмежене відновлення
	Резерв 2	Резерв 10	Резерв 5	Резерв 2, ремонти 2
$\mu=0,001\lambda$	4,16E-01	0,798	0,642	4,11E-01
$\mu=0,01\lambda$	4,15E-01	0,796	0,64	3,96E-01
$\mu=0,1\lambda$	4,08E-01	0,788	0,624	0,396
$\mu=1\lambda$	0,337	0,579	0,515	0,283
$\mu=10\lambda$	0,0425	0,0431	0,043	3,54E-02
$\mu=100\lambda$	5,83E-04	0,000561	0,000571	0,000565
$\mu=1000\lambda$	6,59E-06	0,00000628	0,00000584	5,94E-06
$\mu=10000\lambda$	1,79E-07	6,14E-08	6,58E-08	6,13E-08

Таблиця 4

	обмежене відновлення			необмежене відновлення		
	R=2	R=5	R=10	R=2	R=5	R=10
$\lambda=100\mu$	9,98E-01	9,94E-01	9,87E-01	6,63E-01	8,63E-01	9,41E-01
$\lambda=10\mu$	9,49E-01	9,07E-01	8,64E-01	6,50E-01	8,47E-01	9,22E-01
$\lambda=\mu$	6,26E-01	5,48E-01	4,75E-01	5,49E-01	7,02E-01	7,45E-01
$\lambda=0,1\mu$	1,83E-01	1,62E-01	1,40E-01	2,20E-01	2,31E-01	
$\lambda=0,01\mu$	2,71E-02	2,61E-02	2,45E-02	2,91E-02		
$\lambda=0,001\mu$	2,96E-03	4,72E-03	5,02E-03	3,08E-03		

Результати дослідження при зміні кількості резервних модулів та співвідношення λ/μ представлено на рис.6-8

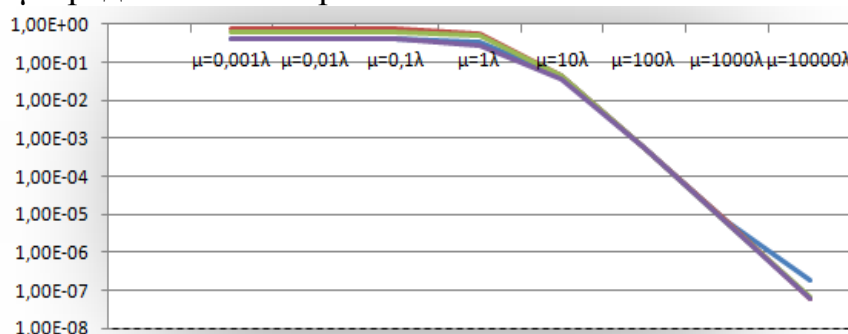


Рис. 6 Залежність максимуму ймовірності простою від відношення μ до λ відмовостійкої системи на базі мажоритарної структури

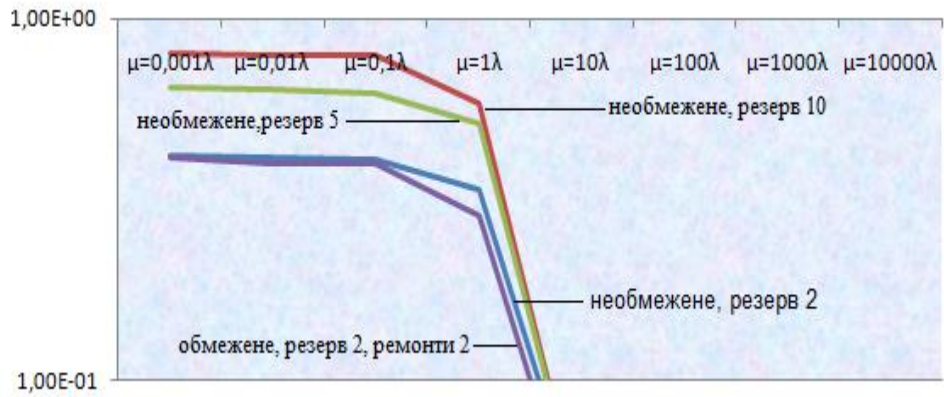


Рис. 7. Залежність максимуму імовірності простою від відношення μ до λ відмовостійкої системи на базі мажоритарної структури

Будуємо графіки для системи m/n

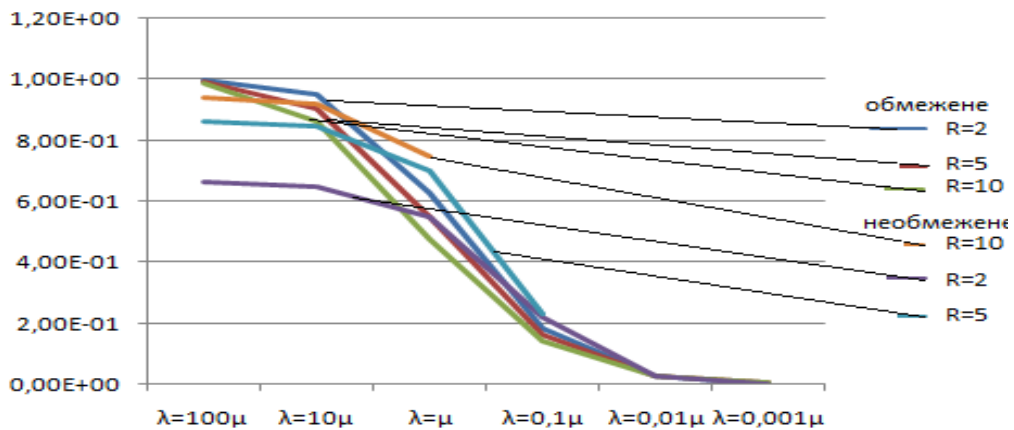


Рис. 8 Залежність максимуму імовірності простою від відношення λ до μ відмовостійкої системи з однотипних модулів з ковзним резервом

Як видно з графіків, імовірність простою починає різко падати, починаючи з значення $\lambda=0,1\mu$, тобто $\mu=10\lambda$. Тобто при забезпеченні низького значення часу ТО (зменшення часу прибуття ремонтників, використання ремонтників з вищою кваліфікацією або збільшення кількості ремонтних бригад) можна забезпечити заданий рівень імовірності простою. Інший шлях мінімізації простою – використання більш надійних апаратних засобів. Таким чином, в залежності від наявних ресурсів можна вибирати шляхи мінімізації максимального значення імовірності простою.

Висновок

Побудовано структурно-автоматні моделі відмовостійких систем з мажоритарною структурою, та системи з однотипних модулів з ковзним резервом в яких передбачено технічне обслуговування та ремонт. Розроблена модель на відміну від приведених в [2,3] дає змогу:

- Проводити багатоваріантний аналіз показників надійності відмовостійких резервованих систем враховуючи простій.

- Задавати граничну ймовірність простою і в залежності від її значення вибирати параметри технічного обслуговування.
- Отримати значення функції готовності при мінімальному значенні ймовірності простою.

Література

1. Волочий Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем.-Львів: Вид-во Національного ун-ту "Львівська політехніка", 2004, - 220 с.
2. ОСТ 4ГО.12.242-84. Апаратура радиоэлектронная. Методы расчета показателей надежности.
3. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырьев, В.В. Болотин и др.- М.: Радио и связь, 1985.- 608 с.
4. Панський Т. Розробка структурно-автоматних моделей радіоелектронних систем з мажоритарною структурою // Матеріали V Міжнародної конференції молодих вчених CSE-2011 «Комп'ютерні науки та інженерія», с. 250

Озірковський Л.Д., Панський Т.І., Сидорчук О.В. Оцінка імовірності простою резервованих систем з технічним обслуговуванням. В даній роботі об'єктом розгляду є резервовані відмовостійкі радіоелектронні системи з технічним обслуговуванням без автоматичної заміни модулів, які вийшли з ладу. Для таких систем розроблено структурно-автоматні моделі, які дають змогу визначити показники надійності таких систем, а саме: функцію готовності та імовірність простою під час ремонту.

Ключові слова: надійність, відмовостійкі системи, технічне обслуговування, показники надійності, імовірність простою.

Озирковский Л.Д., Панский Т.И., Сидорчук О.В. Оценка вероятности простоя резервированных систем с техническим обслуживанием. В работе объектом рассмотрения есть резервированные отказоустойчивые радиоэлектронные системы с техническим обслуживанием без автоматической замены отказавших модулей. Для таких систем разработаны структурно-автоматные модели, которые позволяют определить показатели их надежности, а именно: функцию готовности и вероятности простоя во время ремонту.

Ключевые слова: надежность, отказоустойчивая система, техническое обслуживание, показатели надежности, вероятность простоя

Leonid Ozirkovskyy, Taras Panskyi, Alexander Sidorchuk. Assessment the probability of downtime reserved systems with maintenance. The object of consideration is Redundant Fault-tolerant radio-electronic system with maintenance without automatic replacement of modules that are out of order. There is developed structural-automatic model for such systems, which allows you to determine the reliability indexes of such systems, namely the function of availability and probability of downtime during repairs.

Keywords: Reliability, Fault-tolerant systems, maintenance, reliability indexes, probability of downtime.