

УДК 621.311

Мороз А.Р.¹, Зеленьова І.Я.², Проскурін М.П.²

¹студ. гр. КНТ-528, НУ "Запорізька політехніка"

²канд.техн.наук., доц., НУ "Запорізька політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТРИЧНОГО СПОСОБУ РЕЗЕРВУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ

Надійність роботи будь-якої системи є одним із найважливіших факторів, які впливають на якість системи в цілому. Найпоширенішим методом поліпшення показників надійності є резервування [1]. В даному дослідженні розглядаються декілька способів організації резервування невідновлювальних систем. Задача стосується як цифрових систем взагалі, так і бортової системи зокрема.

Наразі актуальною проблемою при розрахунках бортових систем є урахування маси та відповідної вартості елементів і складових блоків [2]. Оскільки резервування завжди призводить до збільшення чисельних показників маси і вартості, необхідно намагатися досягти певного балансу цих показників. Саме вирішенню задачі пошуку кращого співвідношення надійності, вартості та маси цифрової системи, зокрема бортової, присвячене дане дослідження.

Для детального та більш наглядного аналізу способів організації резервування в дослідженні використано числове значення ймовірності безвідмовної роботи на 5000 годин експлуатації ($P=0.6312$). Це значення, отримане в попередніх розрахунках для нерезервованої системи, не є на разі задовільним, і надалі використовується з метою поліпшення за допомогою резервування елементів системи, а саме тригерів в даному прикладі.

Припустимо, що вартість одного тригера становить умовно 10 гривень. Для аерокосмічної промисловості використовуються тригери підвищеної якості (50-100 гривень та більше), але їх характеристики утримуються в секреті, тому моделювання та розрахунки будуть проводитись для звичайних доступних елементів [3]. Для розрахунків у даній лабораторній роботі буде використана умовна вартість 10 гривень та вага 1.25 грама.

Розглянемо розрахунки системи без резерву, а також варіанти організації резервування, та проведемо аналіз результатів.

Варіант А. Нерезервована система в початковому стані складається з чотирьох послідовних блоків. Ймовірність безвідмовної роботи на 5000 годинах для такої системи становить $R_{\text{посл}}=0.6312^4 = 0,1587$, що не є припустимим для будь-якої системи. Вартість системи за варіантом А становить 40 гривень та вага 5 грамів. Це мінімальні значення, але надійність системи при цьому незадовільна.

Варіант Б. Застосуємо резервування. Система складається з чотирьох послідовних блоків та має загальний резерв. Ймовірність відмови основної системи та загального резерву становить $Q=(0,8413)^2=0,7078$.

Ймовірність безвідмовної роботи на 5000 годинах для такої системи становить $R_{\text{пар}}=1-Q=0,292$, що не є прийнятним для будь-якої системи. Вартість системи за варіантом Б становить 80 гривень та вага 10 грамів.

Варіант В. Для отримання хоча б допустимих значень роботи системи, система складається з чотирьох послідовних блоків та має п'ять загальних резервів. $Q=(0,8413)^6=0,3546$; $R_{\text{пар}}=1-Q=0,6454$, що не є задовільним для будь-якої системи, а для бортової особливо.

Вартість системи за варіантом В становить 240 гривень та вага 30 грамів.

Варіант Г. Для отримання задовільних значень вірогідності безвідмовної роботи системи потрібно обчислити, скільки гілок загального резерву потрібно для ймовірності відмови на 5000 годинах не більше 10%.

Для цього створимо рівняння:

$$(8413/10000)^x = 1/10$$

$$[x] = \frac{\ln 10}{\ln \frac{8413}{10000}} = 13,32 = 14$$

Тоді маємо $Q=(0,8413)^{14}=0,089$, $R_{\text{пар}}=1-Q=0,911$.

Висновок: для ймовірності відмови на 5000 годинах не більше 10% потрібно 13 гілок загального резерву.

Вартість системи за варіантом Г становить 560 гривень та вага 80 грамів. Але в такому випадку вартість та вага стають критичними для бортової системи.

Варіант Д. Через те, що для досягнення ймовірності відмови на 5000 годинах не більше 10% потрібно застосувати 13 гілок загального резерву, треба провести аналіз можливостей оптимізації резервування.

Основа проблема складається у тому, що структура схема основної гілки складається з чотирьох послідовних елементів.

Рішенням цієї проблеми може слугувати паралельне дублювання кожного елемента основної гілки (їх всього 4) тричі.

Таким чином, кожний з чотирьох елементів буде мати три дублюючих, які будуть підключені паралельно з основним елементом та при відмові тільки одного, двох або трьох з елементів основна гілка ще буде працездатною та не потрібно буде використовувати резервну гілку.

Ймовірність безвідмовної роботи на 5000 годинах для першого блоку з чотирьох паралельних елементів становить:

$$P_{1,4}=1-(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)=0,9815$$

Так як інші три елементи гілки ідентичні першому та мають таке саме дублювання, ймовірність безвідмовної роботи на 5000 годинах для системи становить: $P_{all}=0,9815^4=0,9280$.

Вартість системи за варіантом Д становить 160 гривень та вага 20 грамів. Такі характеристики, порівняно з попередніми, вказують на прийнятний баланс між надійністю та вартістю резервованої системи.

Узагальнені результати дослідження наведено на рисунку 1.

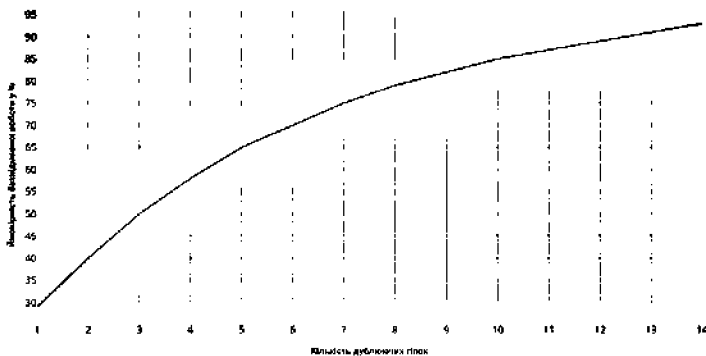


Рисунок 1 – Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи на 5000 годинах випробувань від кратності резерву

Висновок. У даному дослідженні було розраховано різні способи організації резервування та на підставі аналізу результатів встановлено, що матричний спосіб резервування надає можливість найкращого співвідношення ціна/вага та надійність/елемент у порівнянні зі загальним резервом із будь-якою кількістю дублюючих гілок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sklaroff J. R., Redundancy Management Technique for Space Shuttle Computers./ J. R. Sklaroff - IBM Research, 1975. – 9 с.
2. Харченко В.П. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов - К. : НАУ, 2013. – 272 с.
3. Пономаренко С.О., Шляхи підвищення технологічної надійності судових енергетичних установок із застосуванням різномірних сталей / Пономаренко С.О., Тачиніна О.М, Лисенко О.І // Вчені записки ТНУ імені

В.І. Вернадського. Серія: технічні науки – 2020 - Том 31 (70) Ч. 1 № 6 – 21-26 с.