

УДК 621.311

Сологубов І.Я.¹, Івашенко В.Р.¹, Голуб Т.В.²

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

²к.т.н., доц. НУ "Запорізька політехніка"

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО СПІВВІДНОШЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ВАРТОСТІ РЕЗЕРВОВАНИХ СИСТЕМ

При розробці певної системи однією із задач є забезпечення її високої працездатності. Оцінка зазначеного параметра виконується на основі характеристик надійності такої системи.

Одним із шляхів підвищення характеристик надійності є виконання резервування блоків системи. Проте окремою задачею в даному випадку стає пошук компромісу між структурою системи із достатніми показниками та результуючою її вартістю.

В рамках даної роботи пропонується дослідження впливу деяких способів резервування на імовірність безвідмовної роботи системи, як одного з ключових параметрів характеристик надійності, з урахуванням визначеної задачі.

Для дослідження та аналізу було обрано систему, що складається з п'яти однакових блоків, з'єднаних послідовно. Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) окремого блоку для певних часових періодів визначено за допомогою експоненціального методу [1]. Отримані показники імовірності наведено в таблиці 1.

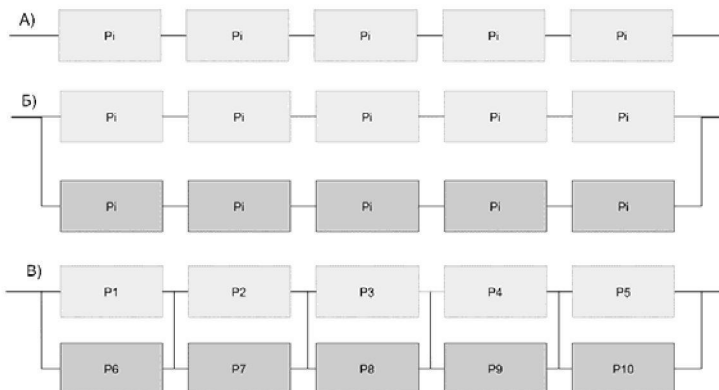
Таблиця 1 – Залежність ІБР блоку від часу

Кількість годин, t	100	500	1000	2500	5000
Імовірність безвідмовної роботи, $P(t)$	0,98	0,89	0,79	0,56	0,32

Для аналізу показників надійності системи використана часова відмітка у 1000 годин роботи, показник надійності якої має бути оптимізований до допустимого значення. Величина допустимого значення не має бути нижчою за $P(t) = 0,85$.

Імовірність безвідмовної роботи одного блоку при $t = 1000$ год для системи, що розглядається, становить: $P(t) = 0,79$.

Аналіз проводився з використанням методів резервування, показаних на рисунку 1.



А) система без резервування;
 Б) система з одним загальним резервом;
 В) система з використанням часткових резервів
 Рисунок 1 - Структурна схема надійності системи

Для системи із п'яти блоків, розташованих послідовно (рис. 1А), ІБР за формулою 1 [1]:

$$P_{\text{систА}} = \prod_{i=1}^5 P_i \quad (1)$$

Та становить:

$$P_{\text{систА}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 = 0.79^5 = 0.31.$$

Параметр ІБР системи не досягає визначеного гранично допустимого значення. Для покращення даного параметру виконуємо резервування системи.

У випадку використання одного загального резерву до системи додається ланка з такі ж самих 5 послідовних блоків (рис. 1Б). Імовірність безвідмовної роботи системи без резерву становить 0,31, тому при додаванні загального резерву даний параметр розраховується за формулою 2 [1]:

$$P_{\text{систБ}} = 1 - \sum_{i=1}^2 (1 - P_i) \quad (2)$$

Та становитиме:

$$P_{\text{систБ}} = 1 - (1 - P_{\text{систА}})^2 = 1 - (1 - 0.31)^2 = 0.52.$$

В результаті використання загального резерву ІБР підвищено, але визначеного рівня ще не досягнуто.

Особливістю підходу, наведеного на рисунку 1В, є використання часткового резервування блоків системи. В цьому випадку дублювання

виконується для окремих блоків, при цьому блоки підключені послідовно, але кожен з них має декілька підключених паралельно резервних блоків.

В цьому випадку ІБР паралельних блоків визначається за формулою 2:

$$P_{1-6} = P_{2-7} = P_{3-8} = P_{4-9} = P_{5-10} = 1 - (1-P_1)(1-P_6) = 1 - (1 - 0.79)^2 = 0.96.$$

Тоді ІБР системи становить (формула 1):

$$P_{\text{систВ}} = P_{1-6} \cdot P_{2-7} \cdot P_{3-8} \cdot P_{4-9} \cdot P_{5-10} = 0.96^5 = 0.81.$$

При побудові системи у відповідності зі схемою, наведеною на рис. 1В, значення ІБР підвищено, але воно досі залишається критичним.

Тому доцільним є пошук структури системи, яка використовує N загальних контурів з частковим резервом 5-ти блоків.

Для досягнення заданого рівня параметру ІБР розглянуто структурну схему системи, яка наведена на рисунку 2.

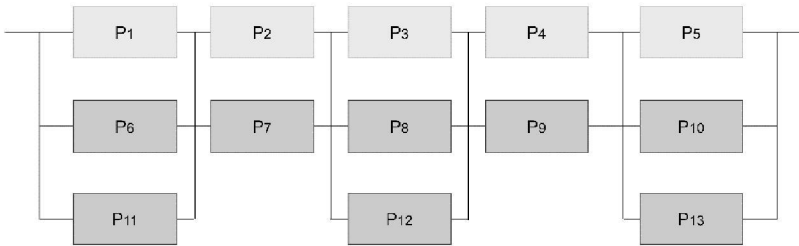


Рисунок 2 – Структурна схема із частковим резервом

За даною схемою (рис.2) передбачено подвійне резервування 2-х блоків та потрійне – трьох. В цьому випадку ІБР системи з потрійним резервуванням становить (формула 2):

$$P_{1-6-11} = P_{3-8-12} = P_{5-10-13} = 1 - (1-P_1)(1-P_6)(1-P_{11}) = 1 - (1 - 0.79)^3 = 0.99.$$

Тоді ІБР системи в цілому визначається як:

$$P_{\text{систГ}} = P_{1-6-11} \cdot P_{2-7} \cdot P_{3-8-12} \cdot P_{4-9} \cdot P_{5-10-13} = 0.96^2 \cdot 0.993 = 0.89.$$

Це доводить, що тільки при використанні розглянутої складної схеми досягається заданий рівень ІБР.

Залежність ІБР від кратності резерву наведена на рисунку 3.

З рисунку видно, що використання часткового резерву дозволяє досягти значно кращих параметрів ІБР з меншою кількістю блоків резервування у порівнянні з повним дублюванням ланцюгів системи.

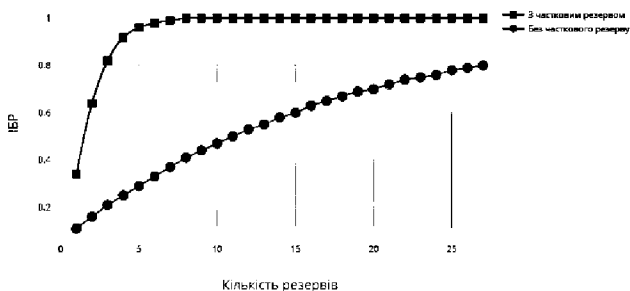


Рисунок 3 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи від кратності резерву

Якщо виконувати оцінку вартісних показників схем з різною структурою, то отримуються наступні результати. Якщо вважати, що вартість одного блоку системи становить 300 грн., то цінові показники вартості розглянутих схем в цілому будуть мати наступні значення, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні характеристики розглянутих систем

Розглянута система	Кількість блоків, шт	ІБР ($P_{\text{сист}}$)	Вартість системи, грн.
Система А (без резервування)	5	0,31	1500
Система Б (повне резервування)	10	0,52	3000
Система В (часткове резервування)	10	0,81	3000
Система Г (часткове трикратне резервування)	12	0,89	3600

З таблиці 2 видно, що при використанні часткового резервування при аналогічних витратах ресурсів можна досягти кращих показників ІБР системи.

Таким чином, дослідження показали, що питання розробки системи з резервуванням вимагає значної уваги для досягнення оптимального співвідношення характеристик надійності та цінових витрат на її створення та реалізацію.