

# Визначення ефективності стратегії технічного обслуговування керуючої системи з мажоритарною структурою

Мандзій Б.А.<sup>1</sup>, Волочій Б.Ю.<sup>1</sup>, Озірковський Л.Д.<sup>1</sup>, Змисний М.М.<sup>1</sup>, Кулик І.В.<sup>1</sup>

*Abstract* - The object of consideration is a fault-tolerant control system based on majoritarian structure with maintenance. Such systems used to control of radio electronic system of responsible use and operation of long-term. Modeling fault-tolerant systems implemented using the technology of analytical modeling. The possibilities of modeling behavior of fault-tolerant systems based on the developed models is shown.

*Keywords* - control system, reliability, fault-tolerant system, majority structure.

## ВСТУП

Широке використання автоматизованих систем управління накладає на них вимоги забезпечення високого рівня безпечності та надійності. Зокрема, це стосується автоматизованих систем управління об'єктів енергетики, транспорту, технологічних процесів, військової і космічної техніки. Помилки або затримки в роботі таких систем управління приводять до значних економічних збитків та екологічних катастроф. Тому актуальною є задача моделювання поведінки таких систем на етапі системотехнічного проектування.

При розробці систем керування відповідального призначення, для забезпечення потрібного рівня надійності часто застосовують відмовостійку систему (ВС) на основі мажоритарної структури (МС). Надійність таких відмовостійких систем при довготривалій експлуатації підвищують введенням ковзного резерву її робочих модулів і використанням відповідної стратегії технічного обслуговування [2, 3]. Для розв'язання задач проектування таких систем, а саме задачі багатоваріантного аналізу та надійнісного параметричного синтезу, необхідно здійснити розробку моделей. Такі моделі повинні мати високий ступінь адекватності представлення не тільки структури, але і надійнісної поведінки обумовленої алгоритмом використання резерву та стратегії технічного обслуговування. Розробка таких моделей передбачає розробку моделі у вигляді графа станів та переходів. Враховуючи складність і велику трудосмість даної задачі, її доцільно вирішувати з використанням удосконаленої технології аналітичного моделювання [3, 4].

## І. КОНФІГУРАЦІЯ ТА ОПИС ПРИНЦИПУ РОБОТИ ВІДМОВОСТІЙКОЇ СИСТЕМИ

Конфігурація відмовостійкої системи на основі мажоритарної структури з ковзним резервуванням її робочих модулів складається з ядра відмовостійкої системи (ВС), яке складається з  $n$  однотипних модулів

основного функціонального призначення (МОФП); певної кількості  $m$  таких же резервних модулів; детектора розузгодження (ДР); мажоритарного елемента (МЕ) (відновлюючий орган); комутатора.

Модулі основного функціонального призначення, які входять в склад ядра, працюють на МЕ. Мажоритарний елемент порівнює сигнали від кожного МОФП і подає на вихід такий сигнал, який присутній на виході більшості модулів в ядрі.

Виявлення порушення працездатності системи та локалізація несправного МОФП, що знаходиться в ядрі виконується за допомогою ДР. Детектор розузгодження порівнює сигнал з виходу МЕ і сигнали з виходів кожного МОФП ядра. При їх неспівпадінні ДР видає сигнал в комутатор, який відключає несправний МОФП ядра і підключає замість нього резервний модуль, не допускаючи перерви у функціонуванні інформаційної системи. Для досліджуваної системи в процесі експлуатації передбачено технічне обслуговування з стратегією за викликом [2]. Тому додатковою функцією ДР є повідомлення ремонтної служби про наявність несправних МОФП.

*Опис стратегії технічного обслуговування.* Ремонтна служба знаходиться на значній віддалі від об'єкта, що робить суттєвим вплив затрат часу на прибуття ремонтника на показник надійності. Тому суттєвою задачею є вибір моменту часу, коли ремонтник вирушає на об'єкт. В роботі показано вплив на показники надійності двох граничних варіантів виклику ремонтної служби:

1) виклик передається в передаварійній ситуації (вичерпано ковзний резерв і кількість робочих модулів в ядрі є мінімально допустимим).

2) виклик передається після відмови одного модуля в ядрі ВС.

*Можливості ремонтної служби обумовлені наступним:*

➤ Коли ремонтник прибуває на об'єкт, він здійснює відновлення всіх несправних МОФП відмовостійкої системи. Відремонтовані модулі поповнюють ядро відмовостійкої системи та ковзний резерв.

➤ Кількість виїздів (ремонтів) ремонтника є обмеженою, що обумовлено наявною кількістю запасних ремонтних комплектів (модулів), які виділені для технічного обслуговування відмовостійкої системи.

➤ Тривалість відновлювальних робіт включає тривалість ремонту та тривалість доїзду.

<sup>1</sup> Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, lozirkovsky@lp.edu.ua

➤ Після виклику ремонтної служби до моменту прибуття на об'єкт можлива відмова МОФП. За час ремонту несправних модулів відмова МОФП в ядрі неможлива.

## II. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВІДМОВОСТІЙКОЇ СИСТЕМИ

Згідно постановки задачі дослідження розроблено дві моделі відмовостійкої системи. Модель 1 і Модель 2 відповідно з першим і другим варіантами передавання виклику в ремонтну службу. Розробка моделей здійснена за технологією, поданою в [1]. Ця технологія дозволяє автоматизувати розробку графа станів та переходів, що важливо при розв'язанні задач багатоваріантного аналізу та параметричного синтезу. Практичне використання цієї технології забезпечує програмний модуль ASNA-1.

В цій технології об'єкт дослідження необхідно представити у вигляді структурно-автоматної моделі. Розробка структурно-автоматної моделі ВС на основі МС передбачає: визначення базових подій, визначення компонент вектора станів, визначення умов і обставин, за яких відбуваються базові події, компонування формул розрахунку інтенсивностей базових подій (ФРІБП) та формування правил модифікації компонент вектора станів (ПМКВС).

В структурно-автоматних моделях враховано наступні параметри відмовостійкої системи та ремонтної служби:  $n$  – кількість модулів в ядрі;  $m$  – кількість модулів ковзного резерву;  $\lambda_n$  – інтенсивність відмов одного модуля в ядрі або в ковзному резерві;  $T_i$  – середнє значення інтервалу часу, між двома послідовними перевірками наявності несправного модуля в ядрі;  $r$  – максимальна кількість запасних модулів на складі для заміни (ремонт) несправних модулів;  $T_r$  – середнє значення інтервалу часу, необхідного на ремонт одного модуля;  $T_p$  – середнє значення інтервалу часу, необхідного на приїзд ремонтної служби.

Структурно-автоматні моделі є універсальними для відмовостійкої системи на основі мажоритарної структури, з ковзним резервуванням її робочих модулів та технічним обслуговуванням. Разом з цим ці структурно-автоматні моделі можуть служити прототипом для розробки нових структурно-автоматних моделей відмовостійких систем з аналогічним способом забезпечення відмовостійкості, але іншою стратегією технічного обслуговування. Обов'язковим етапом розробки структурно-автоматних моделей є їх верифікація.

## III. МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНІСНОЇ ПОВЕДІНКИ КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПРИ РІЗНИХ СТРАТЕГІЯХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

*Задача 1.* Порівняння надійності відмовостійкої системи для двох граничних варіантів виклику ремонтної служби (Рис.1).

*Задача 2.* Дослідження впливу кількості наявних на складі запасних модулів на показник надійності відмовостійкої системи для двох граничних варіантів реалізації стратегії технічного обслуговування для двох варіантів виклику ремонтної служби (Рис.2,3)

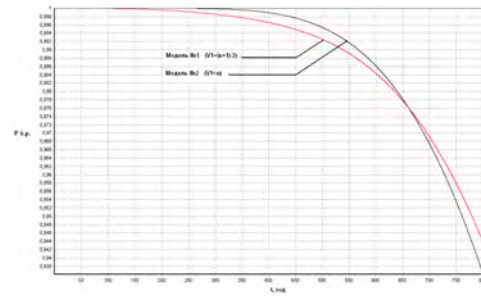


Рис. 1. Залежність ймовірності безвідмовної роботи відмовостійкої системи від часу

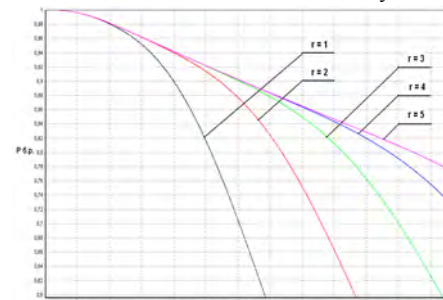


Рис. 2. Залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу роботи відмовостійкої системи. Модель 1

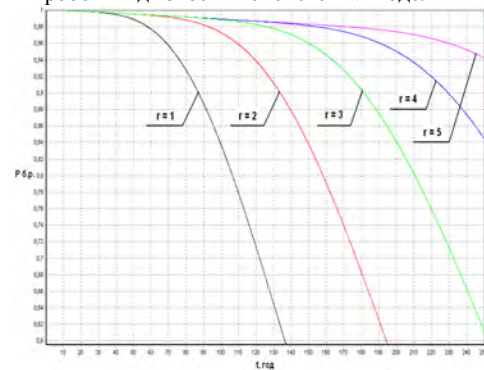


Рис. 3. Залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу роботи відмовостійкої системи. Модель 2

## ВИСНОВОК

В доповіді показані можливості розв'язання задач надійнішого проектування визначення параметрів ремонтної служби і відмовостійкої системи з комбінованим структурним резервуванням на основі мажоритарної структури.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Волочий Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем. – Львів: Вид-во Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. – 220 с.
- [2] Мандзий Б.А., Волочий Б.Ю., Озирковский Л.Д. Новые возможности для исследования эффективности стратегий технического обслуживания отказоустойчивых систем с комбинированным резервированием // Надежность и качество: Труды международного симпозиума, Пенза, 21 – 31 мая 2007, Т.2. Под ред. Н.К. Юркова. – Россия, Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – С. 31 – 35.