

**Д.т.н., професор Романкевич О.М., студентка Селецька Р.П.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

## **ВПЛИВ САМОТЕСТУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ БАГАТОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ**

### **Abstract**

*A. Romankevich, prof., DcS; Roksana Seletska, student*

*Self testing in multiprocessor fault-tolerant system and its impact on reliability*

*This paper contains research on multiprocessor self-testing fault-tolerant system reliability. System fault that is not revealed by self-testing procedure, can produce incorrect results for some period of time, affecting the reliability of the system. In this paper the formula of a possibility of system fault, according to the fact that system is self-testable being defined.*

### **Вступ**

Важливість об'єктивної оцінки надійності роботи багатопроцесорних систем управління об'єктами критичного призначення важко переоцінити, оскільки ціною їх відмови може стати людське життя. Багатопроцесорні системи, що здатні тестувати себе самі достатньо продуктивні для виконання функцій управління, а також відмовостійкі, що забезпечує надійність їх роботи. Відмовостійкість таких систем є результатом здатності до ідентифікації відмови та реконфігурації у випадку відмови.

### **Постановка задачі**

Встановити зв'язок між часом тестування та надійністю системи для однорідних повнозв'язних багатопроцесорних систем, в яких процедура самотестування виконується за алгоритмом [1].

### **Опис алгоритму**

Процес самотестування у багатопроцесорних системах відбувається постійно і може виконуватись згідно двох різних політик. По-перше повне тестування системи може відбуватись в кінці робочого такту, як показано на рис.1, де  $t_p$  - час на виконання робочої процедури такту,  $\tau$  - час на виконання взаємного тестування модулів один одним,  $\Delta t$  - час між

початком тестування у загальному такті та його кінцем. За такої політики маємо, що  $\Delta r_1 = \tau$ .

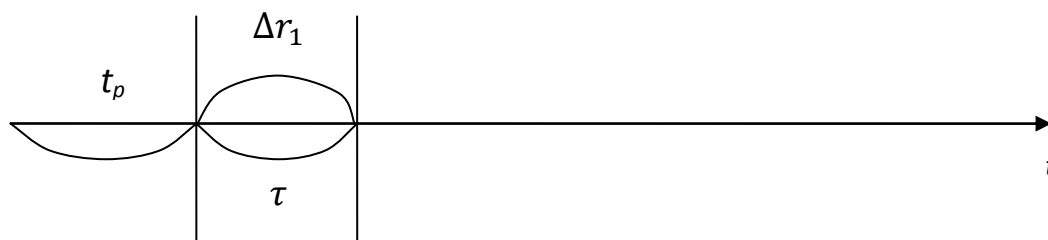


Рис.1 До політики тестування без переривання робочого такту

Інакше ж тестування можна розділити на окремі такти за деяким законом, перериваючи такт функції керування, як показано на рис.2. Це може бути необхідно, якщо система управляє об'єктом, що може значно змінити свій стан за час  $\tau$ , тому його не можна виділити лише на виконання тестування. За такої політики висновок про справність системи буде отриманий лише в кінці і такту роботи і такту тестування, а  $\Delta r_2 = t_p + \tau$ ,  $\tau = \sum_{i=0}^n \tau_i$

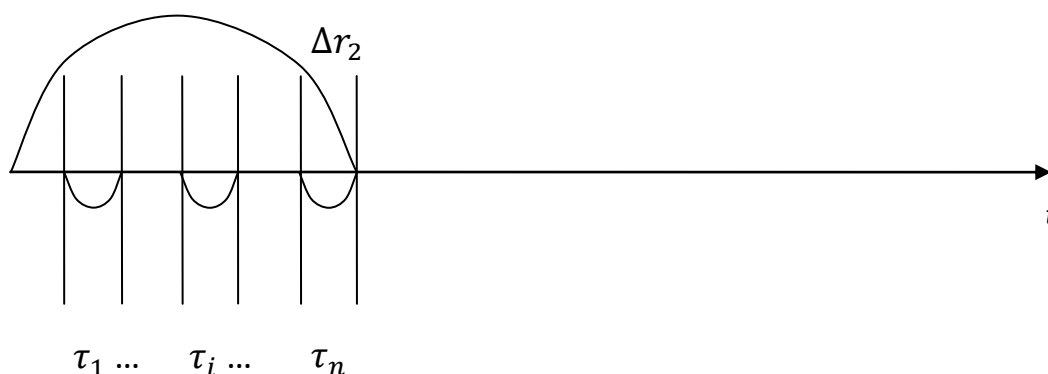


Рис.2 До політики тестування з перериванням робочого такту

Особливості політики впливають на час реакції,  $\bar{t}_{\text{реак}}$  - час за який система ідентифікує несправність, що відбулася в системі. Реакція системи – це відключення модулів, ідентифікованих як несправні. Власне процедура самотестування складається із двох процесів:

- визначення правильного працюючого модуля (1)
- правильно працюючий модуль опитує інші модулі. Ті, що згідно його висновків працюють неправильно, відключаються (2)

Визначимо час тестування системи, як час, що система витрачає на (1) та (2), а оскільки ці дії можливо виконати лише послідовно, то

$$\tau = t_{(1)} + t_{(2)} \quad (a)$$

Надійність багатопроцесорної системи характеризується імовірністю виходу з ладу за деякий час  $T$ . В системі в будь-який момент може вийти з ладу будь-який модуль. У випадку систем управління об'єктами критичного призначення деградація вкрай небажана.

При проектуванні системи враховується імовірність правильної роботи модулів системи. Позначимо імовірності правильної роботи модулів системи як  $\rho_1, \dots, \rho_N$ , де  $N$  – загальна кількість модулів. Тоді  $q_1, \dots, q_N$  – імовірності відмови цих процесорів, тобто  $q_i = 1 - \rho_i$ . Згідно досліджених алгоритмів [1], час тестування в системі залежатиме від кількості модулів системи, а також відмовостійкості системи вцілому (розрахована кількість процесорів, вихід з ладу яких призведе до її деградації) – позначимо цю величину як  $t$ . Згідно [1] кількість елементарних перевірок необхідних для визначення справного модуля необхідно виконати  $N+2t$  перевірок. Отже час, необхідний для визначення працюючого процесора (позначимо цей процесор як  $M$ ), буде:

$$\tau_{\text{алг}} = (N+2t) \cdot \tau_e,$$

де  $\tau_e$  - час необхідний для виконання однієї елементарної перевірки.

Час, що буде витрачено на опитування, яке виконуватиме обраний модуль буде:

$$\tau_{\text{опит}} = \Delta r - \tau_{\text{алг}}$$

Щоб оцінити вплив часу тестування на надійність системи маємо оцінити імовірність відмови системи за час тестування, тож необхідно дослідити ситуації в яких відмова буде пов'язана з тестуванням, та коли відмова може мати наслідки. По-перше, варто відмітити, що відмова під час тестування найімовірніше вплине на роботу системи тоді, коли система вже вичерпала свої ресурси щодо відмовостійкості. Існує декілька типів відмов, що можуть вплинути на надійність системи:

- 1) Відмовить модуль  $M$ .(на етапі (1))
- 2) Модуль відмовить після того, як  $M$  перевірить його працездатність.(на (2) етапі)

Щодо питання про доведення можливості відмови, що призведе до вибору не обов'язково правильно працюючого модуля: у [1] є посилання на таке доведення. Доведення чи дослідження цього факту виходить за рамки даної статті, бо імовірність такої ситуації дуже мала і не вплине на загальний результат.

Отже, оцінивши імовірності вищеписаних відмов отримаємо імовірність виходу із ладу системи за рахунок таких відмов. Оскільки система, що розглядається однорідна, то імовірність вибору процесора як  $M$  може бути обчислена як  $\frac{1}{N}$ .

Імовірність відмови процесора  $M$  (позначимо це значення як  $q_M$ ) буде

$$q_M = 1 - P(\tau_{\text{опит}})$$

Отже

$$Q_1 = \frac{1}{N} \cdot q_M = \frac{1}{N} \cdot (1 - P(\tau_{\text{опит}})),$$

де  $Q_1$  – імовірність відмови модуля  $M$ .

Імовірність виходу з ладу процесора у випадку 2) не залежить від кількості модулів, а лише від імовірності виходу з ладу самого процесора. Оскільки вийти з ладу може будь-який процесор, а система однорідна, то

$$Q_2 = q$$

де  $q$  – імовірність відмови будь-якого процесору даної однорідної системи.

Отже надійність системи, з урахуванням самотестування в системі, буде рівна імовірності виходу з ладу системи в той момент, коли ресурсів щодо відмовостійкості не лишилось, тобто наступна відмова призведе до повного виходу системи з ладу. Імовірність виходу однорідної самотестовної багатопроесорної системи з ладу:

$$Q = Q_1 + Q_2 = q + \frac{1}{N} \cdot (1 - P(\tau_{\text{опит}}))$$

Імовірність правильної роботи системи, тоді

$$P = 1 - Q = 1 - q - \frac{1}{N} \cdot (1 - P(\tau_{\text{опит}}))$$

## Висновок

Вище було розглянуто однорідну самотестовну багатопроесорну управляючу систему. Згідно проведеного дослідження обмеження на час тестування не потрібні, бо час тестування залежить лише від кількості модулів та відмовостійкості системи. Процедура самотестування у багатопроесорних системах призводить до виникнення нових ризиків (відмов типів 1) та 2)), за рахунок цього надійність системи зменшується незначним чином, проте, в той же час, ця процедура дає можливість ідентифікувати та нівелювати вплив відмови на систему, що значно підвищує відмовостійкість, а отже і надійність.

## Література

1. Романкевич, А.М. О повышении надежности реконфигурируемых отказоустойчивых многопроцессорных систем управления сложными объектами [Текст] // Электронное моделирование. – Киев, вип.. 32 № 4, 2010, стр.85 - 90
2. Романкевич, В.А. Методи та засоби ефективного визначення параметрів відмовостійких багатопроесорних систем / вид-во НТУУ «КПІ», 2001. стр. 12[1]-27.