

## Забезпечення відмовостійкості та надійності багатопроцесорних систем для зменшення ризику виникнення катастроф та аварій на виробництві

Л. О. Мітюк, Н. В. Чехуніна, О. В. Землянська, Н. А. Праховнік

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна  
Corresponding author. E-mail: luda2010703@gmail.com

Paper received 11.12.18; Accepted for publication 02.01.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-200VII24-15>

**Анотація.** Пропонується діагностика багатопроцесорних систем як основний метод досягнення надійності та відмовостійкості обладнання. У статті досліджуються основні причини виникнення несправностей, сучасні підходи діагностики багатопроцесорних систем на об'єктах виробництва. Розглядаються переваги та недоліки таких підходів. Аналізуються основні методи самодіагностування багатопроцесорних систем та особливості їх використання.

**Ключові слова:** самодіагностування, відмовостійкість, діагностика багатопроцесорних систем, надійність.

**Вступ.** У наш час практично в кожному підприємстві використовується обчислювальні системи, системи автоматичного управління тощо [1]. Завдяки такому підходу досягається підвищення продуктивності, покращення якості продукції та поліпшення умов праці людей.

Надійність та коректність роботи обчислювальних систем та систем управління на об'єктах виробництва являється основним організаційно-технічним заходом зменшення ризику виникнення техногенних катастроф та аварій. Помилки в роботі (або відмови) таких систем можуть призвести до небажаних наслідків, пов'язаних з великими фінансовими та людськими втратами, з серйозними екологічними катастрофами. Найбільшу небезпеку представляють аварії, які виникають на об'єктах ядерної енергетики та хімічного виробництва.

Коректність роботи складних систем досягається завдяки збільшенню відмовостійкості. Оскільки зі збільшенням кількості компонентів системи, збільшується ймовірність відмов. Такі системи повинні включати механізми для виявлення помилок у роботі, реконфігурації та відновлення після збоїв.

**Огляд публікацій за темою.** Відмовостійкість – властивість системи виконувати задані функції при несправності одного або декількох складових компонентів. Під несправністю будемо розуміти такий стан елемента системи, при якому відбувається припинення його функціонування або некоректна робота.

Несправність можна охарактеризувати такими параметрами: тривалість (перехідна чи постійна); ступінь (локальна чи глобальна); визначеність [2].

Тимчасовими несправностями є порушення функціональності обмеженої тривалості, які викликані тимчасовими несправностями компонентів або шляхом зовнішнього втручання (зовнішні завади). Постійні несправності викликані остаточним збоєм компонентів.

Ступінь несправності визначає кількість логічних елементів в комп'ютерній системі, функціональність яких одночасно порушена. Локальні несправності впливають лише на одиничні складові системи. Глобальна несправність порушує роботу декількох складових, модулів або усієї системи. Також вони можуть стосуватись виходу з ладу критично важливих вузлів.

Визначений статус несправності означає можливість її правильного і своєчасного діагностування. При появі невизначеності має місце прихований прояв, який з часом може призвести до відмови всієї системи.

Основними причинами несправностей можуть бути: порушення умов експлуатації чи обслуговування обладнання; порушення технології виготовлення; фізичне зношування елемента; недосконалість конструктивних характеристик.

Для забезпечення надійності та відмовостійкості в системах реалізуються процедури діагностики, контролю, надлишковості у організації системи і операцій та реконфігурації після виявлення несправностей.

В сучасних комп'ютерних системах основним засобом забезпечення відмовостійкості елементів являється використання принципу автоматичного самодіагностування системи [3-6].

**Мета.** Метою роботи являється дослідження та аналіз основних підходів діагностики багатопроцесорних систем як основного методу збільшення відмовостійкості і надійності багатопроцесорних систем для зменшення ризику виникнення аварій та катастроф на виробництві. **Матеріали та методи.** Основними методами дослідження являється аналіз методів діагностики багатопроцесорних систем, описаних в наукових літературних джерелах, та моделювання самодіагностування багатопроцесорної системи програмними методами.

**Результати та їх обговорення.** Засоби діагностики поділяються на три види: програмний, апаратний, програмно-апаратний. При програмному підході діагностики основним інструментом виявлення несправних елементів являється спеціалізоване програмне забезпечення. Проте, такий підхід вимагає, щоб певні основні блоки системи були справні.

Апаратне тестування вузлів системи відбувається за допомогою додаткового обладнання, яке дозволяє вимірювати рівень напруги, струму, рівнів логічних сигналів тощо: тестери, осцилографи або діагностичні плати.

Програмно-апаратний засіб полягає у комбінуванні попередніх засобів діагностики системи. Прикладом такого підходу є використання спеціальних операційних систем.

Самодіагностування – процес тестування комп'ютерних систем, при якому контроль і діагностика функціонування елементів покладається на саму систему. Такий підхід використовується у діагностичній моделі Препарата-Метца-Чена [4].

Задача діагностики полягає у пошуку несправних елементів у системах за допомогою використання певного алгоритму, який має високу ефективність відносно ресурсів пам'яті та часу. Також алгоритм повинен

мати високу універсальність в рамках визначеної моделі системи та просту реалізацію на сучасних мовах програмування.

Для ефективної діагностики багатопроцесорних систем доцільно застосувати метод моделювання, що дозволяє досліджувати основні параметри системи, відкинувши фактори, які не впливають значною мірою на роботу обладнання.

Одним з найроповсюджених видів формальних моделей представлення багатопроцесорних систем вважається граф-модель, яка ще має назву діагностичного графа. Це дозволяє абстрагуватися від реалізації системи (топология зв'язків, тип модулів, види зв'язків між модулями тощо) і застосовувати єдиний механізм для аналізу та пошуку несправностей для неоднорідних компонентів системи.

Діагностичний граф – орієнтований зважений граф взаємотестувань процесорів багатопроцесорної системи.

Потужність множини вершин такого графа визначається кількістю процесорів у системі –  $N$ . Вагою  $ij$  ребра графа діагностичних зв'язків слугує результат тестування  $i$ -м процесором  $j$ -го. Причому має місце кодування трьох випадків діагностики: несправність процесора, що тестується; справність процесора, що тестується та стан невизначеного результату, що виникає при тестуванні несправним елементом системи.

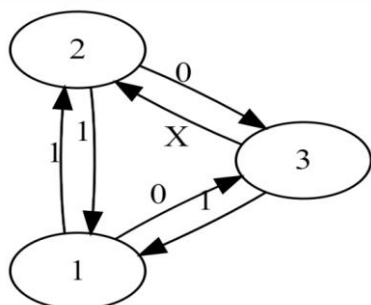


Рисунок 1.– Приклад діагностичного графа

На Рис.1 наведено один з можливих варіантів графа діагностичних зв'язків. Множина вершин  $S$  становить

{1, 2, 3}, її склад відповідає кількості процесорів у багатопроцесорних системах. Ваги ребер графа можуть мати значення з множини {0, 1, X}, які означають справність процесора, що тестується, несправність та невизначений результат відповідно.

В загальному випадку існує два підходи до вирішення задачі самодіагностування комп'ютерних систем: централізоване самодіагностування, децентралізоване самодіагностування.

При централізованому тестуванні вузли системи тестують один одного. Справні елементи визначають істинний стан усіх інших складових системи. При цьому результати діагностики, отримані за допомогою несправних елементів можуть мати випадковий характер і не відображати справжній стан системи.

Для обробки отриманих значень використовується додатковий процесорний елемент, який на основі отриманих даних тестування приймає рішення щодо кількісного і якісного складу справних і несправних вузлів системи. Такий обчислювальний вузол повинен мати високу відмовостійкість, адже при виході його з ладу стає неможливим діагностування всієї системи.

Використання децентралізованого підходу означає поділ всієї системи на робоздатну та несправну частини. Ті елементи, які мають статус несправних ізолюються від процесу аналізу даних тестування. Обробка результатів тестування відбувається виключно на справних елементах системи.

**Висновок.** Таким чином, основним способом запобігання виникненню аварій і техногенних катастроф являється підвищення технологічної безпеки виробничих процесів та експлуатаційної надійності обладнання за допомогою забезпечення надійності комп'ютерної системи. Найбільш розповсюджений спосіб підвищення відмовостійкості сучасних обчислювальних систем та систем управління є принцип самодіагностування. Перевагами такого підходу є автоматизація діагностики систем, що означає зведення до мінімуму впливу людського фактору, швидке знаходження несправностей та надійність результатів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. - Киев; Одесса: Вища шк., 2002. - 312 с.
2. Avizienis A. Design of fault-tolerant computers//Fall Joint Computer Conf. -1967, AFIPS Conf. Proc. Vol.31, pp. 733-743, 1967.
3. Микеладзе М. А. Развитие основных моделей самодиагностирования сложных технических систем. // Автоматика и телемеханика. - 1995. - № 5. - С. 3–18.
4. Preparata F.P., Metze G., Chien R.T. On the Connection
5. Romankevich A.M., Romankevich V.A. Diagnosis of multiprocessor systems under failure of more than half processors // Automation and Remote Control. – 2017. – Vol. 78, Issue 9. – P. 1614 – 1618.
6. Романкевич В.А. Самотестирование многопроцессорных систем с шинной архитектурой // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. - 2014. - № 5. - С. 96-99.

#### REFERENCES

1. Shaparev N.K. Typical Technological Processes of Metal Working Automation. - Kiev; Odessa: Higher sch., 2002. - 312 p.
2. Avizienis A. Self-Testing of Multiprocessor Systems with Bus Architecture// Radio Electronic and Computer Systems. - 2014. - № 5. - P. 96-99.
3. Mikeladze M. A. Development of the Main Models of Self-diagnosis of Complex Technical Systems. //Automation and Remote Control. - 1995. - № 5. - P. 3–18.
6. Romankevich V.A. Self-Testing of Multiprocessor Systems with Bus Architecture// Radio Electronic and Computer Systems. - 2014. - № 5. - P. 96-99.

#### Providing fault tolerance and reliability of multiprocessor systems to reduce the risk of disasters and accidents at industry

N. V. Chekhunina, L. O. Mitiuk, O. V. Zemljanska, N. A. Prahovnik

**Abstract.** The diagnostics of multiprocessor systems proposed as the main method of achievement of reliability and fault-tolerance of equipment. The article researches the main causes of failures of multiprocessor systems and modern approaches to the diagnosis of those systems at production sites. Considers the advantages and disadvantages of such approaches. And analyses basic methods of self-diagnostics of multiprocessor systems and their usage.

**Keywords:** self-diagnosis, fault-tolerance, diagnostics of multiprocessor systems, reliability.